

Colecția radio și televiziune 129

K. G. JACKSON

Electricitate
Întrebări şi răspunsuri

Editura tehnică

K. G. Jackson

ELECTRICITATE

Întrebări şi răspunsuri

Traducere din limba engleză

129

r. tv. r. tv.

Editura tehnică
Bucureşti — 1975

K. G. Jackson – **Questions and answers on electricity**

Traducere: Dr. ing. GH. COSTACHE
ing. MARIN SÂMPĂLEANU

Redactor: CONSTANTIN MINEA
Tehnoredactor: VALERIU MORĂRESCU
Coperta: CONSTANTIN GULUȚĂ

Bun de tipar: 30.09.1975.
Coli de tipar: 6,75.
Tiraj: 50.700+70 ex. broșate.
C.Z.: 621.3.

Tiparul executat sub com. nr. 321,
la Întreprinderea poligrafică „Crișana",
Oradea, str. Moscovei nr. 5.
Republica Socialistă România

Prefață

Cunoașterea și aplicarea electricității este un factor comun științei și tehnicii. De cele mai multe ori, pregătirea noastră în utilizarea electricității este relativ redusă. La terminarea școlii sîntem pur și simplu uluiți de noțiunile abstracte, reprezentate de ecuații și principii care par a nu avea legătură directă cu lumea plină de mașini ce funcționează după reguli rigide, a căror înțelegere e necesară pentru utilizarea lor corectă.

Scopul prezentei cărți este o introducere în electricitate, în forma ei cel mai des întîlnită, și prezentarea în general a principalelor ei aplicații. Autorul a căutat realizarea unei legături între un tratat teoretic, care ignoră prizele, duliile și sudura electrică, și un manual tehnic, care nu explică de ce fenomenele sînt așa cum sînt. Cartea este destinată atît tînărului cititor care dorește să devină inginer electrician, cît și muncitorului electrician care vrea să știe mai mult despre ce lucrează.

Cum amănuntele nu pot fi tratate într-o carte de dimensiunea acesteia, atenția autorului a fost concentrată asupra principiilor de bază și a principalelor aplicații ale electricității.

Primele capitole, care răspund întrebărilor cu privire la bazele electricității, curentul continuu și curentul alternativ, se ocupă de generarea și distribuirea energiei electrice. Urmează apoi întrebări și răspunsuri legate de aplicațiile electricității la încălzire și iluminare, urmate de

prezentarea motoarelor de curent continuu și alternativ. Capitolul final se ocupă de fenomenele electrolitice, ca mod de producere a electricității și ca aplicație a ei. Fiecare capitol se sfîrșește, acolo unde este cazul, cu prezentarea problemelor noi legate de conținutul lui.

Autorul

Cuprins

Introducere

Ce este sarcina electrică?

Sarcina electrică este una din proprietățile de bază ale materiei. Toate materialele sînt formate din atomi, fiecare din ei fiind compus din nucleu, care conține protoni și neutroni, și electroni plasați pe diverse orbite în jurul său. Numărul de protoni din nucleu determină natura atomului. Dacă există un singur proton, atomul este de hidrogen; dacă sînt douăzeci și nouă, atomul este de

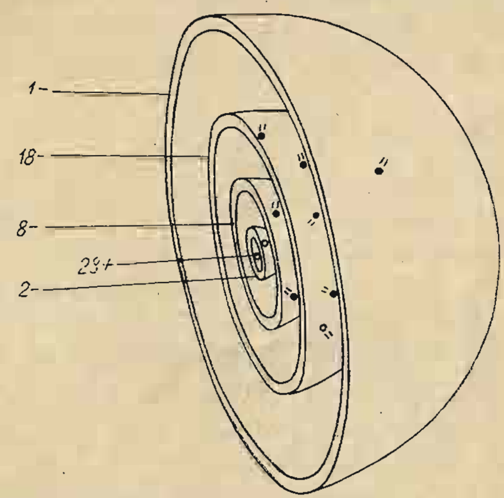


Fig. 1. Secțiune prin modelul atomului de cupru. Atomul are 2 electroni pe primul înveliș, 8 pe al doilea, 18 pe al treilea și un electron de valență pe ultimul. Nucleul conține 29 de protoni și 30 de neutroni.

cupru; dacă sînt nouăzeci și doi, atomul este de uraniu. Fiecare proton are o sarcină electrică elementară egală și de semn contrar sarcinii electronului. Se consideră că sarcina protonului este pozitivă, iar sarcina electronului — negativă. Neutronii nu au sarcină electrică, prezența lor în nucleu afectînd numai masa atomului. Sarcina totală a nucleului este egală cu sarcina totală a electronilor ce-l înconjoară, astfel încît atomul este neutru din punct de vedere electric.

Figura 1 reprezintă un atom de cupru cu douăzeci și nouă de electroni orbitali, orbitele fiind astfel dispuse încît formează patru pături în jurul nucleului. Pătura exterioară conține un singur electron.

Savanții atomiști afirmă existența mai multor particule subatomice, altele decît protonii, neutronii și electronii, noi particule fiind pe cale de a fi descoperite. Totuși, particulele de bază, descrise anterior, sînt cele care ne interesează în teoria simplă a electricității.

Ce este un curent electric?

Un curent electric este o mișcare a sarcinilor electrice. În unele materiale, electronii sînt puternic legați de nucleele lor; în altele, ei sînt mai slab legați de nuclee, astfel încît electronii aflați pe orbitele depărtate scapă de sub influența nucleului, devenind liberi în material.

Electronul de pe orbita exterioară a atomului de cupru din fig. 1 poate ușor să părăsească atomul de care este legat. În mod normal, într-o bucată de cupru se află un mare număr de electroni liberi.

Atomii care au pierdut unul sau mai mulți electroni au o sarcină reziduală pozitivă, fiind numiți *ioni*. Electronii liberi sînt sarcini negative izolate. Substanțele în care există mulți electroni liberi se numesc *conductoare*,

iar cele în care electronii sînt strîns legați de atomi se numesc *izolante*.

Dacă electronii liberi dintr-un conductor sînt făcuți să se deplaseze în aceeași direcție, mișcarea lor constituie un *curent electric*.

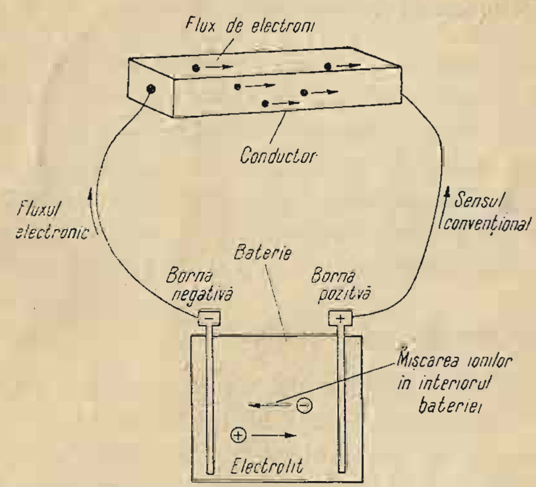


Fig. 2. Fluxul de electroni prin conductor și baterie.

Cine determină fluxul dirijat de electroni?

Dacă cele două borne ale unei baterii electrice sînt legate la capetele unei bare conductoare, pot determina prin aceasta un flux dirijat de electroni. Dacă bara este de cupru, electronii negativi vor fi atrași de borna pozitivă, în timp ce borna negativă a bateriei va genera continuu alți electroni, păstrînd în acest fel un flux constant prin conductor, așa cum este arătat în fig. 2.

În locul bateriei, fluxul dirijat de electroni poate fi determinat de un cîmp magnetic aplicat pe conductor, așa cum se întîmplă în cazul dinamului. Alte forme de ener-

gie, cum sînt cea termică (la un termocuplu) și cea luminoasă (la o fotocelulă), pot fi utilizate pentru producerea fluxului dirijat de electroni. Aceste aspecte vor fi tratate în capitolul 3.

Care este sensul curentului?

Cei mai vechi cercetători în fenomenele electrice, necunoscînd interpretarea curentului ca flux de electroni, au presupus sensul curentului electric de la borna pozitivă la cea negativă a bateriei. Acesta este sensul convențional al curentului. Fluxul de electroni este dirijat, însă, în sens invers. Deci, va trebui să facem deosebirea între curentul convențional și fluxul dirijat de electroni.

Ce este electricitatea statică?

Electricitatea produsă de sarcini imobile se numește *statică*. Prin frecarea a două obiecte se produce un transfer de electroni de pe unul pe celălalt, astfel încît unul se încarcă pozitiv, iar celălalt negativ (sistemului format din cele două corpuri nu i s-a dat nici o altă sarcină exterioară, din care motiv sarcina pozitivă rezultantă este egală și de semn contrar cu cea negativă).

Dacă unul din cele două obiecte este un material izolant, sarcina electrică se acumulează pe suprafața sa. De exemplu, dacă un stilou de plastic este frecat cu o bucată de stofă, el va acumula sarcină negativă și va atrage mici bucățele de hîrtie. Hîrtia se va încărca pozitiv și se va orienta spre stilou. Sarcinile electrice acționează similar polilor magnetici; sarcinile de același semn se resping, iar cele de semne contrare se atrag. Dacă un corp conductor izolat, încărcat negativ, este atins cu mîna, atunci sarcina lui trece spre pămînt sub forma unui curent electric foarte slab.

Cea mai veche sursă de electricitate au constituit-o mașinile electrostatice cu fricțiune, singura formă de electricitate cunoscută pînă în secolul XVIII fiind cea statică. Principiul generatorului Van de Graaff, o variantă modernă a mașinii electrostatice, capabil să acumuleze o sarcină foarte mare este prezentat în figura 3.

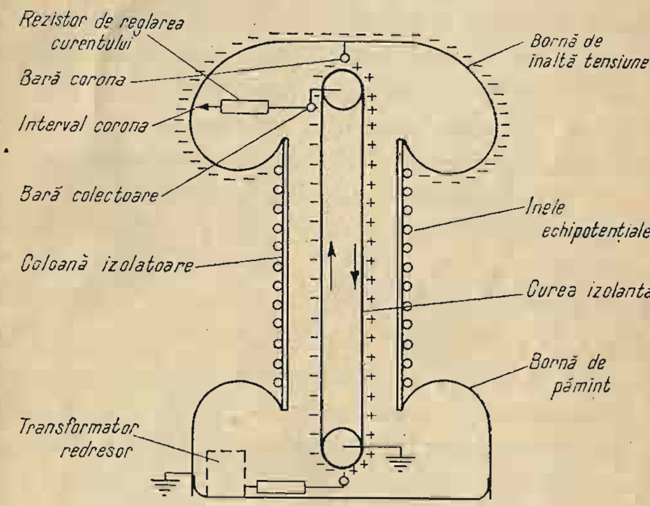


Fig. 3. Principiul generatorului Van de Graaff. Sarcina electrică este purtată de curele izolatoare, pe sfere izolatoare de acumulare.

De ce se produce fulgerul?

În anumite condiții atmosferice, un nor se încarcă cu electricitate statică. Curenții de aer deplasează picăturile de apă și cristalele de gheață în interiorul norului, prin frecarea lor rezultînd o sarcină electrică care se acumulează pe partea de jos a sa. Această sarcină (de obicei negativă) induce o sarcină de semn opus pe suprafața pămîntului. Cînd *tensiunea* (vezi capitolul 2) dintre nor și

pămînt atinge cîteva milioane de volți, apare o descărcare luminoasă, numită trăznet (descărcarea produsă între nori e numită fulger).

Cum funcționează paratrăznetul?

Paratrăznetul reprezintă o cale artificială de scurgere a sarcinii electrice la pămînt. Forma și poziția paratrăznetului este astfel aleasă încît să atragă trăznetul mai bine decît celelalte obiecte din apropiere.

Sarcina negativă a norului din apropierea paratrăznetului induce pe acesta o sarcină pozitivă. Paratrăznetul este construit dintr-un conductor ascuțit, sarcinile fiind concentrate în vîrf. Datorită cîmpului electric puternic, aerul din apropierea paratrăznetului se ionizează. Cînd aerul ionizat ajunge la norul încărcat, se produce descărcarea prin paratrăznet la pămînt.

În acest fel este evitată producerea trăznetului pe obiectele apropiate, descărcarea făcîndu-se prin cablul de cupru al paratrăznetului și apoi prin placa de cupru legată la pămînt.

Ce este un condensator?

Este un dispozitiv de acumulare a sarcinii electrice. Cel mai simplu condensator este format din două *plăci* metalice separate printr-un *dielectric,* un material izolator așa cum este și aerul. În figura 4 sînt prezentate cîteva tipuri de condensatoare. Dacă între plăcile condensatorului, numite armături, se conectează o baterie electrică, ele vor rămîne încărcate. În momentul conectării apare în firele de conexiune un curent electric pînă cînd armăturile se încarcă complet. Capacitatea unui condensator

de a reține sarcini electrice (măsurată în *farazi*) poate fi mărită prin creșterea suprafeței armăturilor, prin micșorarea distanței între ele sau prin înlocuirea dielectricului.

Care sînt materialele utilizate ca dielectrici?

Materialele dielectrice utilizate în mod obișnuit pentru condensatoarele folosite în radio și echipamente electronice sînt ceramica, mica, materialele plastice, hîrtia și ae-

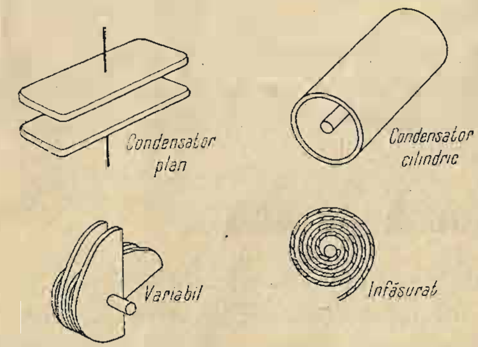


Fig. 4. Cîteva condensatoare obișnuite. Construcția înfășurată cu două folii metalice separate de un dielectric este utilizată la condensatoarele mici de radio și la cele industriale de putere.

rul. Se mai întîlnesc condensatoarele electrolitice, care au drept dielectric o peliculă subțire de oxid depusă pe una din armături prin electroliză (vezi cap. 7). Condensatoarele electrolitice au capacități mari comparativ cu dimensiunea lor redusă. În industrie se utilizează condensatoare care au ca dielectric hîrtia uleiată.

Ce este permitivitatea unui material?

Este o măsură a calității lui de a reține sarcina electrică. Numeric, este raportul între capacitatea unui con-

densator care are drept dielectric acel material și capacitatea aceluiași condensator cu aer între armături. Acest raport este numit *permitivitate relativă* și este constant pentru un material dat, în condiții fizice date.

Capacitatea unui condensator avînd ca dielectric un cub cu latura unitară este egală cu *permitivitatea absolută* a dielectricului. Permitivitatea absolută a unui dielectric este numeric egală cu produsul între permitivitatea relativă a materialului și permitivitatea absolută a aerului.

Mica are constanta dielectrică aproape 7, iar hîrtia 6. Oxidul de tantal are o constantă dielectrică aproximativ 11, în timp ce materialele ceramice pot atinge valori de peste 15 000.

Care materiale sînt izolatoare?

Materiale electrice bune izolatoare sînt: aerul, sticla, hîrtia, lemnul uscat, ceramica, asbestul, cea mai mare parte a materialelor plastice și cauciucul. Apa pură nu este conducătoare de electricitate, dar o mică impuritate, acidă sau alcalină, dizolvată în ea o transformă într-un electrolit, adică într-un lichid conductor (vezi cap. 7).

Caracteristicile unor materiale izolatoare sînt prezentate în anexă.

Care materiale sînt conductoare?

Oricare din materialele care conțin un mare număr de electroni liberi. Bune conducătoare de electricitate sînt: aluminiul, alama, cuprul, aurul, plumbul, mercurul, platina, argintul și cositorul. Conductoarele electrice obișnuite sînt confecționate din cupru și aluminiu foarte pur.

Proprietățile unor materiale conductoare sînt prezentate în anexă.

Variază conductibilitatea electrică cu temperatura?

Da, pentru cele mai multe dintre materiale. În general pentru conductoare ea descrește la creșterea temperaturii. Excepție fac cărbunele și electroliții, pentru care la fel ca la majoritatea nemetalelor, conductibilitatea crește la ridicarea temperaturii.

Cum influențează temperatura domeniul de utilizare a izolatoarelor?

În mod obișnuit, trebuie să știm dacă izolatorul ales corespunde temperaturii la care va lucra. Se definesc în acest scop următoarele clase de izolație:

— clasa Y de izolație, satisfăcătoare pînă la 90°C. Hîrtia, bumbacul și mătasea netratate fac parte din această clasă;

— clasa A de izolație, utilizată pînă la 105°C. Aici sînt incluse hîrtia, bumbacul și mătasea impregnate;

— clasa E de izolație corespunde temperaturilor pînă la 120°C. Hîrtia și țesăturile impregnate fac parte din ea;

— clasa B de izolație, utilizată pînă la 130°C. Ea corespunde materialelor folosite în transformatoare și motoare electrice și din ea fac parte asbestul, mica și porțelanul;

— clasa F de izolație corespunde temperaturilor pînă la 155°C, clasa H celor pînă la 180°C, iar clasa C temperaturilor mai mari de 180°C. În toate aceste clase sînt incluse diverse varietăți de sticlă, mică și porțelan.

Ce este un semiconductor?

Un semiconductor diferă de alte materiale electrice conductoare prin faptul că factori adiționali pot influența trecerea curentului prin el. Conductibilitatea sa electrică

se situează între cea a unui conductor și cea a unui izolator și crește la ridicarea temperaturii.

Proprietățile sale electrice sînt rezultatul structurii sale cristaline și a prezenței impurităților. Majoritatea semiconductoarelor, în stare pură, sînt izolatoare, dar introducerea impurităților creează un surplus de electroni (semiconductor de tip n) sau o lipsă de electroni (semiconductor de tip p), fiecare din aceste stări permițînd trecerea curentului electric. Semiconductoarele utilizate în mod obișnuit sînt germaniul, siliciul, seleniul, oxidul de cupru, sulfura de plumb, arseniura de galiu, fosfura de galiu și carbura de siliciu.

Ce este supraconductivitatea?

La temperatura zero absolut (—273°C), atomii își încetează vibrațiile și electronii liberi pot trece prin material fără nici o piedică. Astfel în metalele răcite în jurul lui zero absolut (aproximativ —268°C), curentul electric continuă să existe chiar după întreruperea sursei de energie. Acest fenomen este cunoscut sub numele de supraconductivitate. Spre deosebire de metale, semiconductoarele aflate la temperaturi joase au conductibilitate redusă.

Curentul electric

Ce este amperul?

Amperul (simbol A) este unitatea de măsură a curentului electric. Este denumit după numele fizicianului francez André Ampère, care s-a ocupat cu studiul conductoarelor parcurse de curent. *Amperul internațional* a fost definit în funcție de efectele electrolitice ale curentului electric (vezi cap. 7). El reprezintă valoarea unui curent constant care, trecînd printr-o soluție de azotat de argint, depune la catod 0,001118 grame de argint pe secundă. În anul 1948 el a fost înlocuit cu *amperul absolut*, definit pe baza forței exercitate între două conductoare paralele, parcurse de curent. În cazul în care cele două conductoare au lungimea de un metru și sînt plasate în aer (sau în vid), la trecerea unui curent de un amper absolut, între ele se exercită o forță de 2×10^{-7} N. Amperul internațional este 0,99985 din amperul absolut.

În raport cu mișcarea electronilor, un amper reprezintă un flux de $6{,}2 \times 10^{18}$ electroni pe secundă.

Ce este un circuit electric?

Orice porțiune conductoare închisă, prin care poate circula curentul electric. În fig. 5 este prezentat un circuit simplu care conține o baterie, un întreruptor și o lampă electrică. Cînd întreruptorul este închis, curentul circulă convențional de la borna pozitivă a bateriei spre cea ne-

gativă, prin întreruptor și lampă, făcînd-o să lumineze. Curentul se continuă prin baterie, așa cum a fost arătat în fig. 2.

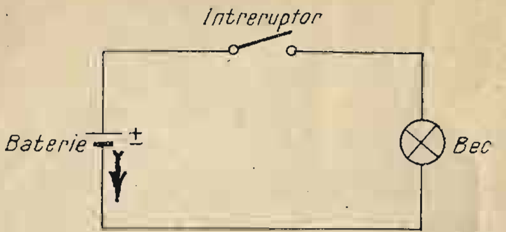


Fig. 5. Un circuit simplu, închis prin întreruptor.

Ce este tensiunea electromotoare?

Tensiunea electromotoare este cea care face ca electronii să se deplaseze în lungul circuitului. Ea este produsă de o *diferență de potențial*. O sursă simplă, cum este o baterie, are două borne, una pozitivă, iar cealaltă negativă, între ele existînd o diferență de potențial. Cînd cele două borne sînt conectate prin intermediul unui circuit, ia naștere un curent, de la punctul cu potențial mai ridicat, spre cel cu potențial mai scăzut. O diferență de potențial mare poate produce chiar străpungerea unui izolator, făcînd ca prin el să treacă curent. Un fenomen de acest tip se produce în cazul descărcărilor luminoase.

Ce este voltul?

Un volt (simbol V) este unitatea de măsură a tensiunii electromotoare sau a diferenței de potențial. Denumirea a fost dată după numele savantului italian Alessandro Volta, care a inventat bateria electrică. Voltul reprezintă diferența de potențial între două puncte ale unui conductor parcurs de un curent de un amper, cînd puterea disipată de acesta este de 1 *watt* (vezi mai jos).

Ce este rezistența electrică?

Rezistența electrică este mărimea ce caracterizează modul în care un conductor se opune trecerii curentului electric. Materialele au o anumită rezistență electrică; conductoarele au rezistență mică, în timp ce materialele izolatoare au rezistență mare. Rezistența electrică variază cu temperatura în sens invers decît conductibilitatea (vezi cap. 1). O probă dintr-un material pur va avea întotdeauna, în condiții similare, aceeași rezistență.

Poate fi rezistența influențată și de alți factori în afara temperaturii?

Da. Rezistența carbonului variază, de exemplu, cu presiunea din interiorul lui. Acest efect este folosit la proiectarea regulatoarelor de curent și a microfoanelor. Apa are o rezistență mai mică decît alți izolatori; deci umiditatea poate influența rezistența electrică a materialelor.

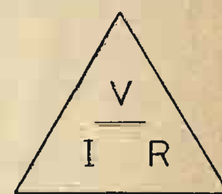


Fig. 6. Un procedeu de memorare a relației între *V*, *I* și *R*.

Ce este ohmul?

Un ohm (simbol Ω) este unitatea de măsură a rezistenței electrice. Denumirea este dată după numele savantului german Georg Ohm, care a studiat legile curentului electric. *Ohmul internațional* sau *ohmul standard* a fost definit ca rezistența electrică a unei coloane de mercur cu masa de 14,4521 g și lungimea de 106,3 cm, aflată la temperatură de 0° C.

În acest caz, voltul poate fi definit ca fiind diferența de potențial de-a lungul unui conductor cu rezistența de 1 ohm, parcurs de un curent de 1 amper.

Ce spune legea lui Ohm?

Legea lui Ohm afirmă proporționalitatea între curentul care străbate un conductor și diferența de potențial aplicată capetelor lui. Ea este exprimată prin relația $V/I=R$, unde V este tensiunea în lungul conductorului măsurată în volți, I reprezintă curentul măsurat în amperi, iar R este rezistența conductorului măsurată în ohmi. Relația de legătură între tensiune, curent și rezistență poate fi scrisă și $I=V/R$ sau $V=IR$. În acest fel, fiind date două dintre mărimi, poate fi calculată a treia. Modul de memorare a acestor relații este prezentat în fig. 6; prin acoperirea literei corespunzătoare mărimii de aflat se obține echivalentul ei în funcție de celelalte două.

Care sînt legile lui Kirchhoff?

Ele sînt legile de bază, cu ajutorul cărora se pot calcula curenții într-un circuit electric (într-o rețea electrică).

Prima lege exprimă continuitatea curentului. Conținutul ei: *suma curenților care converg într-un punct de ramificație (sau nod) este zero.* Cu alte cuvinte, suma curenților care intră în nod, în orice moment, este egală cu suma curenților care ies din nod. Ea poate fi exprimată algebric cu relația

$$i_1+i_2+i_3+i_4+\ldots=0.$$

Trebuie acordată atenție semnului lui i. Curentul care intră în nod se consideră pozitiv, în timp ce curentul care

iese este luat negativ. Cel puțin unul din curenții din figura 7 trebuie să fie negativ.

Legea a doua exprimă principiul conservării energiei. Ea spune că: *suma tensiunilor electromotoare într-un circuit închis (sau ochi de rețea) este egală cu suma căderilor de tensiune de-a lungul lui;* sau, exprimat algebric (fig. 8):

$$e_1+e_2+e_3+\ldots=$$
$$=i_1R_1+i_2R_2+i_3R_3+$$
$$+i_4R_4+\ldots$$

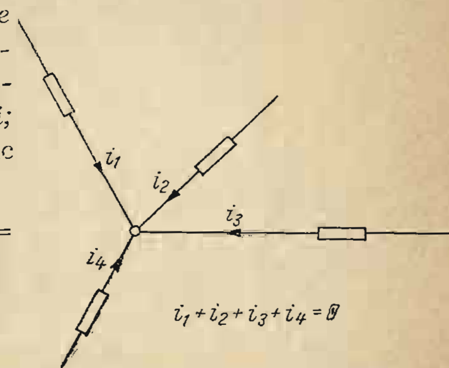


Fig. 7. Prima lege a lui Kirchhoff.

O consecință a legii a doua este teorema curenților de contur, a lui Maxwell, prin care fiecărui ochi se asociază un curent de contur, numit și curent ciclic. În acest fel prima lege a lui Kirchhoff este satisfăcută în mod automat, în timp ce din legea a doua rezultă un sistem de ecuații în care necunoscute sînt curenții de contur, pe baza cărora se pot determina curenții rețelei.

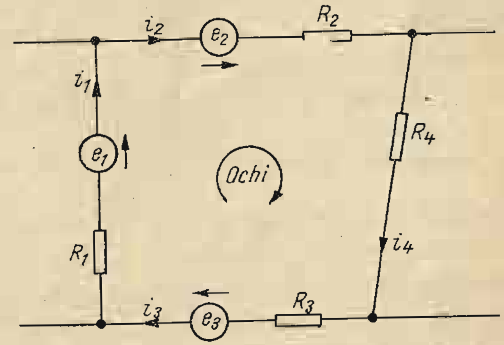


Fig. 8. Legea a doua a lui Kirchhoff.

Cum se utilizează puntea Wheatstone?

Puntea Wheatstone este un circuit format din patru brațe rezistive, rezistența unui braț fiind necunoscută. Pe o diagonală este conectată o baterie, iar pe cealaltă un galvanometru (fig. 9). Galvanometrul este un instrument

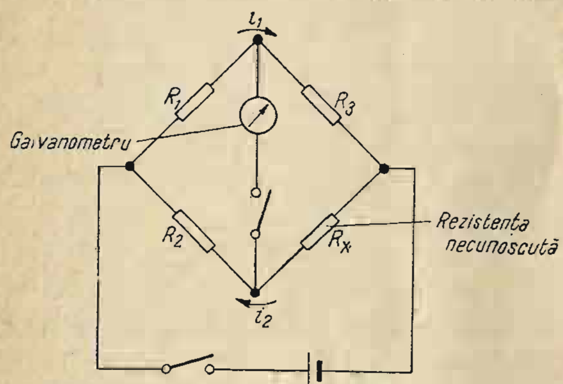


Fig. 9. Puntea Wheatstone. Curentul prin galvanometru este zero dacă raportul între R_1 și R_3 este egal cu cel între R_2 și R_x.

care indică existența curentului. Dacă avem satisfăcute relațiile $R_1i_1=R_2i_2$ și $R_3i_1=R_xi_2$, adică $R_1R_x=R_2R_3$, relație cunoscută sub numele de relație de echilibru, prin galvanometru curentul va fi nul. Puntea se utilizează la măsurarea rezistențelor necunoscute, care trebuie conectate în locul rezistenței R_x.

Ce este rezistența internă?

În răspunsurile anterioare am considerat rezistența ca o proprietate a unui element rezistiv, numit *rezistor*. Totuși, trebuie să amintim că toate sursele de tensiune electromotoare, cum sînt bateriile și generatoarele electrice, au o rezistență internă, numită rezistența sursei. Curen-

tul care trece prin circuitul din fig. 5 circulă și prin baterie, o mică parte a tensiunii electromotoare fiind pierdută prin căderea de tensiune produsă în rezistența internă a acesteia. Cu cît curentul este mai mare, cu atît căderea de tensiune în rezistența internă a bateriei este mai mare.

Cum se măsoară puterea?

Puterea se măsoară în wați (simbol W), 1 watt fiind puterea disipată de un conductor parcurs de un curent de 1 amper, la capetele căruia este aplicată tensiunea de 1 volt. Puterea într-un circuit rezistiv are valorile: VI, I^2R sau V^2/R.

Electronii care formează curentul într-un material rezistiv sînt implicați într-un mare număr de ciocniri, în urma cărora se degajă energie. Aceasta apare sub formă de căldură sau lumină. Ca urmare, o putere echivalentă trebuie aplicată conductorului pentru a menține curentul în el.

Care sînt unitățile de măsură ale puterii și energiei?

Ele sînt date în tabelul 1, în sistemul internațional. Alte unități și factorii corespunzători de transformare sînt dați în anexă.

Care sînt efectele curentului electric?

Există trei efecte principale ale unui curent ce trece printr-un conductor. Fiecare este utilizat în aplicații. Primul efect constă în faptul că energia de ciocnire a electronilor din material apare sub formă de căldură sau lumină. Al doilea efect constă în producerea unui cîmp

Tabelul 1

Unități de putere și energie

Unitatea	Simbolul	Echivalentul
Watt	W	1 joule pe secundă
Kilowatt	kW	1000 W (1,34 CP)
Megawatt	MW	1000 kW sau 10^6 W
Miliwatt	mW	0,001 W
Kilowatt-oră	kWh	Energia generată de o putere de 1 kW într-o oră
Joule	J	1 newton-metru (N·m)
Cal-putere	CP	745,7 W

magnetic. Al treilea efect reprezintă reacțiile chimice care apar atunci cînd curentul trece printr-un electrolit. Aceste fenomene se pot remarca și în sens invers; căldura sau lumina pot influența curentul într-un conductor; un cîmp magnetic poate induce un curent; o baterie folosește reacțiile chimice pentru a produce un curent electric.

Ce este un circuit paralel?

Adăugarea unei a doua lămpi în circuitul din fig. 5 poate fi făcută în două feluri. În fig. 10, *a* adăugarea lămpii a produs o nouă cale a curentului. Aceasta este conexiunea paralel. În acest caz, tensiunea pe fiecare bec este egală cu forța electromotoare a bateriei. Curentul total este dublu, fiecare bec consumînd jumătate din el.

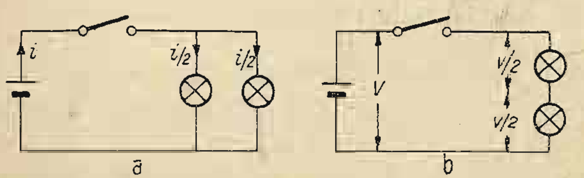


Fig. 10. Conectarea lămpilor: *a* — în paralel; *b* — în serie.

Ce este un circuit serie?

Este un circuit ca în fig. 10, *b*, unde același curent străbate ambele lămpi, tensiunea pe fiecare din ele fiind jumătate din tensiunea electromotoare a bateriei. Un dezavantaj al acestei conexiuni este faptul că la defectarea unei lămpi circuitul se întrerupe.

Care este rezistența totală a rezistoarelor conectate în serie?

Rezistența totală R a rezistoarelor din fig. 11, ale căror rezistențe individuale sînt R_1, R_2 și R_3 este dată de relația

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

În general, rezistența totală a mai multor rezistoare conectate în serie este suma rezistențelor lor individuale.

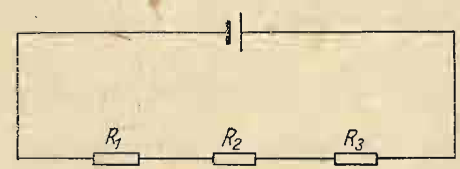


Fig. 11. Rezistoare conectate în serie.

Care este rezistența totală a rezistoarelor conectate în paralel?

Este clar că în circuitul prezentat în fig. 12 efectul rezistiv al celor trei rezistoare combinate va fi mai mic decît al fiecăreia din ele, întrucît adăugarea unui rezistor produce o nouă cale pentru curent. Rezistența totală este dată de relația

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

În general, inversul rezistenței totale este suma inverselor rezistențelor individuale legate în paralel (sau, cu alte cuvinte, conductanța totală este suma conductanțelor individuale).

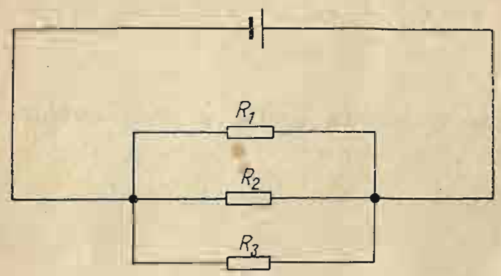


Fig. 12. Rezistoare conectate în paralel.

Care sînt formulele pentru conexiunile condensatoarelor?

Pentru condensatoare legate în serie:

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}.$$

Pentru condensatoare legate în paralel:

$$C=C_1+C_2+C_3.$$

Ce este coulombul?

Coulombul este unitatea practică de măsură a sarcinii electrice. Este denumit după savantul francez Charles de Coulomb, care a făcut principale descoperiri în electricitate și magnetism. Coulombul (simbol C) este probabil cea mai importantă unitate electrică, ea fiind legată de sarcina electronului prin relația:

$$e=1{,}602\cdot10^{-19}\ \text{C}.$$

O sarcină de 1 coulomb este transportată de un curent de 1 amper, într-o secundă.

Cînd o sarcină de un coulomb este deplasată pe o diferență de potențial de un volt, este efectuat un lucru mecanic de 1 joule (vezi tabelul 5).

Ce este un electromagnet?

Cînd un conductor este parcurs de un curent, în jurul acestuia este produs un cîmp magnetic. Dacă conductorul este înfășurat sub forma unei bobine atunci cîmpul magnetic produs este similar cu cel dat de o bară magnetică cu doi poli, nord și sud. Mărimea cîmpului magnetic poate crește dacă în interiorul bobinei se introduce o bară din fier, ce va constitui *miezul* ei.

Se formează în acest fel un electromagnet, care produce cîmp magnetic atîta timp cît spirele sale sînt străbătute de curent. Dacă sensul curentului se schimbă atunci se va schimba și polaritatea electromagnetului.

Cum funcționează o sonerie?

Fig. 13 arată circuitul unei sonerii electrice; funcționarea ei se bazează pe proprietățile electromagnetului. Prin întreruptor se închide un circuit format din baterie (sau altă sursă electrică) bobinele electromagnetului, arcul de contact și șurubul ajustabil de contact.

Curentul, care străbate electromagnetul, produce un cîmp magnetic, care va atrage armătura acestuia; ca urmare ciocănelul lovește clopotul, făcîndu-l să sune. De asemeni, mișcarea armăturii desface contactul electric între arcul de contact și șurub. Ca urmare cîmpul magnetic dispare și armătura revine în poziția inițială. Aceasta face ca circuitul să se închidă din nou și fenomenul se repetă atît timp cît întrerupătorul este închis.

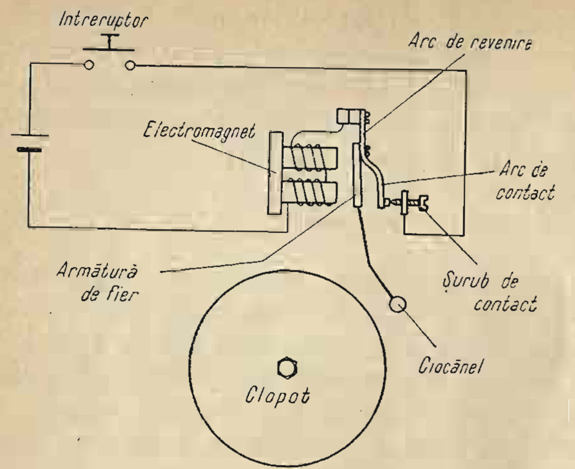


Fig. 13. Circuitul unei sonerii.

Ce este un releu?

Releul este un dispozitiv care închide sau deschide contacte într-unul sau mai multe circuite separate.

Există multe varietăţi de relee, proiectate pentru diverse scopuri. Multe din ele utilizează ca element de bază un electromagnet aşa cum este arătat în fig. 14. Atunci cînd bobina electromagnetului este alimentată prin cir-

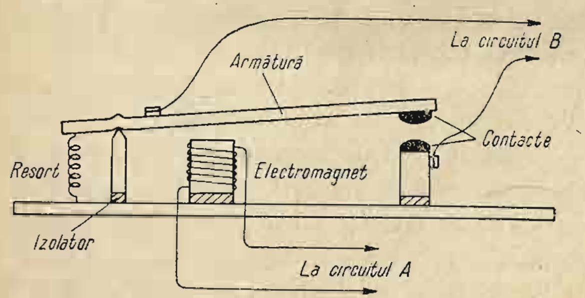


Fig. 14. Un electromagnet simplu.

cuitul *A*, se închide contactul în circuitul *B*. Avantajul unei astfel de scheme consistă în faptul că un curent mic, în circuitul *A*, poate comanda un curent mare în circuitul *B*. În acest fel echipamentele de mare putere pot fi comandate de la distanţă prin circuite de mică putere. Alte relee se bazează pe efectul termic al curentului electric.

În fig. 15 sînt prezentate trei tipuri de relee electromagnetice. Contactele releului prezentat în (a) sînt închise într-o incintă cu atmosferă uscată. Releul din (b) este astfel conceput încît circuitul de curent este *întrerupt* atunci cînd bobina electromagnetului este alimentată. În cazul releului prezentat în (c), la alimentarea electromagnetului unul din circuite este întrerupt, în timp ce altul este închis. Acest releu realizează comutarea de pe un circuit pe altul.

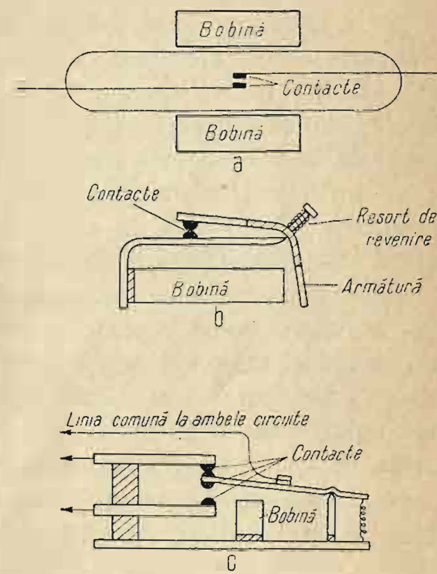


Fig. 15. Relee: *a* — releu cu contacte închise într-o incintă; *b* — releu cu contacte normal închise; *c* — releu comutator.

Releele sînt utilizate pe scară largă în sistemele de control automat şi în circuitele telefonice; ele pot fi realizate cu o mare varietate de contacte astfel încît în acelaşi timp pot fi întrerupte sau închise foarte multe circuite. Releele pot constitui elemente de siguranţă atunci

cînd sînt proiectate astfel încît la depășirea unui anumit curent prin circuit, armătura să fie atrasă.

Ce este inducția electromagnetică?

Să considerăm două bobine una în apropierea celeilalte, una dintre ele fiind parcursă de curent. Cîmpul magnetic produs va trece prin ambele bobine. La întreruperea sau stabilirea curentului, deci la variația cîmpului magnetic, în bobina prin care curentul a fost inițial zero, se induce o tensiune electromotoare numită *indusă*. Dacă circuitul ei este închis, în acesta apare un curent. Fenomenul este cunoscut sub numele de *inducție mutuală*. O aplicație importantă a fenomenului de inducție mutuală este transformatorul electric; o altă aplicație o formează mașina asincronă (vezi cap. 3 și 6).

La întreruperea sau stabilirea curentului printr-o bobină apare deasemeni fenomenul de inducție electromagnetică, cunoscut sub numele de *autoinducție*.

Legată de acest fenomen este mărimea numită inductanță, a cărei unitate de măsură este henry (simbol H). Dacă curentul unei bobine de un henry se schimbă cu viteza de 1 amper pe secundă, tensiunea electromotoare indusă va fi de 1 volt.

Prin ce diferă curentul alternativ (c.a.) de curentul continuu (c.c.)?

Curentul continuu (c.c.) este constant și are un singur sens.

Curentul alternativ (c.a.) trece mai întîi într-un sens prin circuit și apoi în celălalt. Aceasta se repetă în mod regulat. Cele mai multe generatoare rotative (vezi capitolul următor) produc curent alternativ și aproape toate aparatele electrico-casnice sînt de c.a..

Care este frecvența uzuală?

În Europa, variația curentului alternativ industrial este astfel încît o perioadă durează 1/50 secunde. Prin perioadă se înțelege timpul în care curentul variază de la zero la valoarea sa maximă, apoi la valoarea minimă și din nou pînă la zero. Frecvența va fi în acest caz 50 de perioade pe secundă (50 Hz). În Statele Unite și alte țări se mai utilizează frecvențele de 60 Hz sau 25 Hz (unitatea de măsură a frecvenței este un *hertz*).

Care este tensiunea uzuală?

Cele mai multe instalații casnice sînt alimentate cu o tensiune de 220 V.

Ce este o undă sinusoidală?

Cînd tensiunea sau curentul alternativ sînt reprezentate în raport cu timpul, rezultă o undă sinusoidală (fig. 16). Matematic ea este reprezentată de ecuația $y = \sin x$.

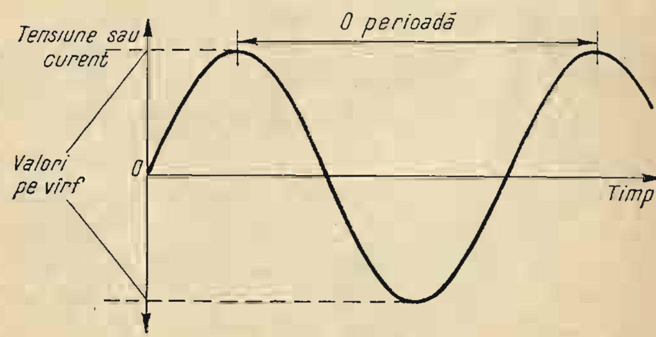


Fig. 16. O undă sinusoidală.

Ce este valoarea efectivă?

Este valoarea unui curent continuu echivalent care ar da același efect termic ca și curentul alternativ respectiv. Valoarea efectivă a unei mărimi sinusoidale este $1/\sqrt{2}$ sau 0,707 din valoarea sa maximă.

Ce este reactanța?

Este ceea ce se opune trecerii curentului alternativ în cazul unei bobine sau capacități. Ea se măsoară în ohmi și valoarea sa X_L, pentru o inductanță pură este dată de relația

$$X_L = V/I = 2\pi f L,$$

unde L este inductanța, f frecvența curentului, iar V și I sînt valorile efective ale tensiunii și curentului. Pentru o capacitate pură C, reactanța X_C este dată de

$$X_C = V/I = \frac{1}{2\pi f C}.$$

Ce este impedanța?

Impedanța este mărimea totală care se opune trecerii curentului într-un circuit de c.a. Ea reprezintă suma rezistențelor și a reactanțelor inductive și capacitive.

Relația între impedanța Z, rezistența R, și reactanța X a unui circuit poate fi exprimată utilizînd algebra numerelor complexe prin

$$Z = R + jX$$

unde j este un operator care rotește un fazor cu un unghi de 90°. Aceiași relație este arătată prin diagrama fazorială a triunghiului impedanțelor (fig. 17) de la care se poate scrie

$$Z^2 = R^2 + X^2.$$

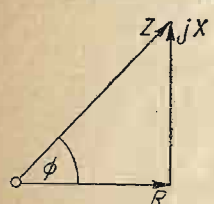


Fig. 17. Triunghiul impedanțelor.

Semnificația lui φ este explicată în capitolul următor. Mai putem scrie

$$R = Z \cos \varphi$$

și

$$X = Z \sin \varphi.$$

Cum funcționează un instrument de măsurat cu bobină mobilă?

Cel mai utilizat instrument de curent continuu are o bobină constituită din mai multe spire, plasată între polii unui magnet permanent, fix. Cînd bobina este parcursă de un curent, proporțional cu tensiunea sau curentul de măsurat, ea se rotește în jurul axului pînă la echilibrul dintre cuplul electromagnetic și cel mecanic al resortului bobinei. Un ac indicator atașat cadrului bobinei poate indica o valoare proporțională curentului ce străbate bobina (fig. 18).

Instrumentul astfel format poate măsura tensiuni sau, combinat cu o baterie, chiar rezistențe.

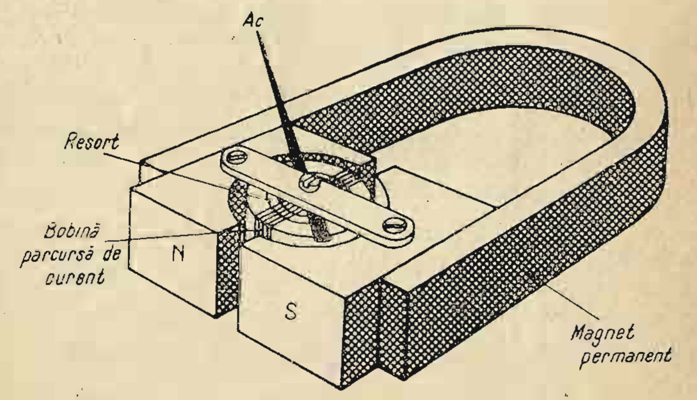


Fig. 18. Principiul instrumentului de măsurat magnetoelectric.

Cum se măsoară tensiunea și curentul?

Un *ampermetru*, folosit pentru măsurarea curentului, are montată în paralel cu bobina o rezistență mică *(șunt)*, astfel încît numai o mică parte din curent va trece prin el. Pentru măsurare, el se montează în serie și fiind un

Tabelul 2

Tipuri de instrumente de măsurat

Mărimea de măsurat	Tipul	Avantaje	Dezavantaje
Curent și tensiune (c.c.)	Magnetoelectric Electromagnetic	Precizie bună Ieftin	 Precizie slabă
Curent și tensiune (c.a.)	Electromagnetic Electrodinamic De inducție Cu redresor Termic	Ieftin Precizie bună Scară redusă Consum redus De valoarea efectivă reală	 Scump O singură frecvență Erori date de forma de undă Capacitate redusă de încărcare
Tensiune (c.c. și c.a.)	Electrostatic	Nu consumă putere	Nu măsoară tensiuni joase
Curenți slabi și tensiuni mici (c.a.)	Cu redresor	Consum redus	Erori date de forma de undă
Puterea (c.a.)	Electrodinamic De inducție	Precizie bună Scară redusă	Scump O singură frecvență

instrument cu rezistență mică produce perturbații foarte mici ale curentului de măsurat.

Un *voltmetru*, utilizat la măsurarea tensiunilor, are în serie cu bobina o rezistență de valoare mare. Aceasta asigură o cădere mică de tensiune pe bobina instrumentului. Pentru măsurare instrumentul se montează în paralel pe circuitul de măsură și datorită rezistenței mari el practic nu perturbă starea acestuia.

Ce tipuri de instrumente de măsurat mai există?

Există multe tipuri de instrumente de măsurat (tabelul 2). În unele din ele bobina este cea care se mișcă între polii unui magnet, în altele bobina este fixă, iar în interiorul ei se deplasează o piesă de fier sau un magnet. Unele din ele se bazează pe atracția sau respingerea electrostatică, altele pe efectul termic al curentului. În instrumentul numit electrodinamic, magnetul permanent din instrumentul prezentat anterior, este înlocuit cu un electromagnet. Instrumentul de inducție poate avea unul sau mai mulți electromagneți. Măsurarea curentului alternativ cu instrumentul de curent continuu prezentat mai sus, se poate face prin adăugarea unui redresor (vezi cap. 3). Cîteva tipuri de instrumente de măsură și avantajele lor sînt prezentate în tabelul anterior.

Producerea energiei electrice

Cum este produsă energia electrică?

Prin diverse metode. Sursa poate fi chimică (cum este în cazul unei baterii), termică sau luminoasă. Pe scară largă însă, energia electrică se obţine din energia mecanică, în maşinile electrice rotative, unde conductoarele electrice sînt rotite în cîmpuri magnetice sau *invers*. Energia mecanică, la rîndul ei, se obţine din energia termică de la diverşi combustibili, cum ar fi petrolul, cărbunele sau combustibili nucleari. În unele regiuni energia mecanică se obţine uşor pe baza căderilor de apă. Toate generatoarele din centralele electrice sînt antrenate de turbine cu vapori sau cu apă.

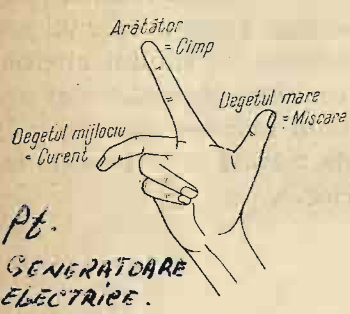


Fig. 19. Regula mîinii drepte pentru determinarea sensului curentului indus.

Care este regula mîinii drepte a lui Fleming?

Această regulă arată direcţia curentului indus într-un conductor ce se deplasează într-un cîmp magnetic. Pentru aplicarea regulei se dispun degetul mare, arătătorul şi degetul mijlociu astfel încît să formeze un sistem de axe de coordonate, aşa cum este arătat în fig. 19. Dacă degetul mare este orientat în

direcţia mişcării conductorului şi arătătorul în direcţia cîmpului magnetic, atunci degetul mijlociu va indica sensul curentului indus.

Cum este generat curentul continuu?

Prin rotirea unei spire conductoare într-un cîmp magnetic. Fig. 20 arată un generator de curent continuu simplu, numit dinam. Cînd spira se roteşte între polii magnetului, în ea se induce un curent, determinat prin regula mîinii drepte, al cărui sens se va schimba de două ori în timpul unei rotaţii complete. Pentru ca la bornele de ieşire ale generatorului să se obţină aceiaşi polaritate a tensiunii, se foloseşte aşa numitul *colector*, format din două segmente izolate între ele, care fac contact pe rînd cu periile colectoare. Fiecare perie îşi schimbă contactul de pe un segment pe altul de fiecare dată cînd spira este perpendiculară pe axa polilor magnetului, poziţie ce corespunde unei tensiuni de valoare zero.

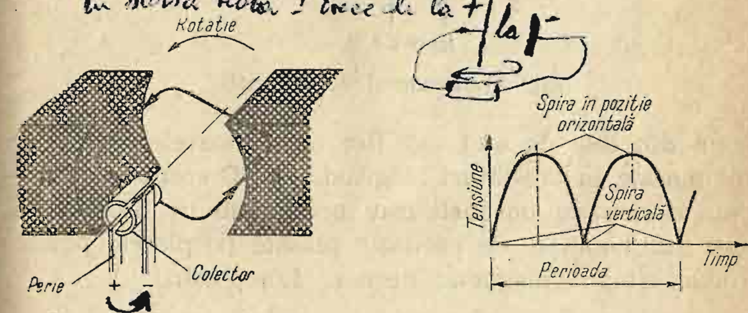


Fig. 20. Principiul dinamului cu o singură spiră şi colector cu două segmente. El produce o tensiune pulsatorie.

Tensiunea de ieşire este o serie de pulsuri care variază de la zero la valoarea maximă, aşa cum este arătat în fig. 20.

Pentru a obține o netezire a acestei tensiuni pulsatorii se folosesc mai multe spire decalate unghiular între ele, colectorul fiind format în acest caz din mai multe segmente. În cazul mașinii practice pe rotorul confec-

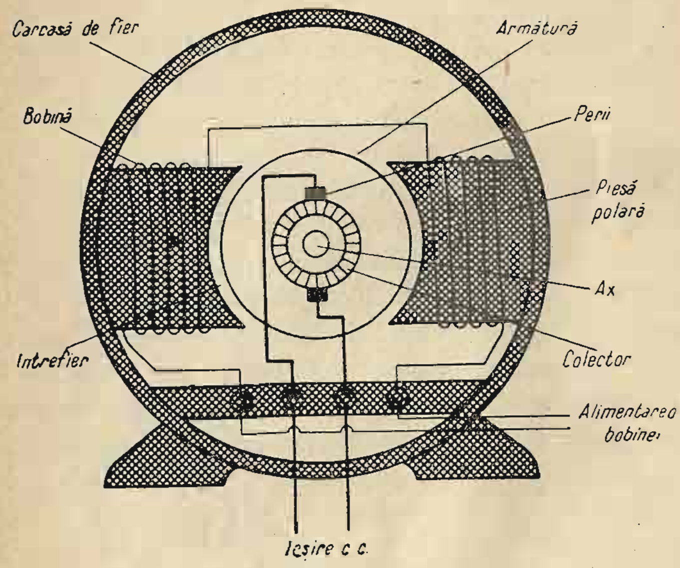


Fig. 21. Dinamul cu doi poli.

ționat din tole de oțel sau fier conductoarele bobinelor sînt plasate în crestături longitudinale. O secțiune printr-un dinam cu doi poli este prezentată în fig. 21. În acest caz bobinele de excitație plasate pe piesele polare produc cîmpul magnetic necesar funcționării.

Cum sînt alimentate bobinele de excitație?

Există mai multe moduri de a alimenta în curent continuu bobinele de excitație ale unui dinam. Dacă le alimentăm de la o sursă externă avem o *excitație separată*; cînd ele sînt conectate în paralel pe ieșire avem excitația *derivație*; cînd ele se conectează în serie cu bornele de ieșire excitația este de tip *serie*, iar atunci cînd se realizează combinația ultimelor două avem o excitație *mixtă* (sau compound). Diferitele moduri de conectare sînt prezentate în fig. 22.

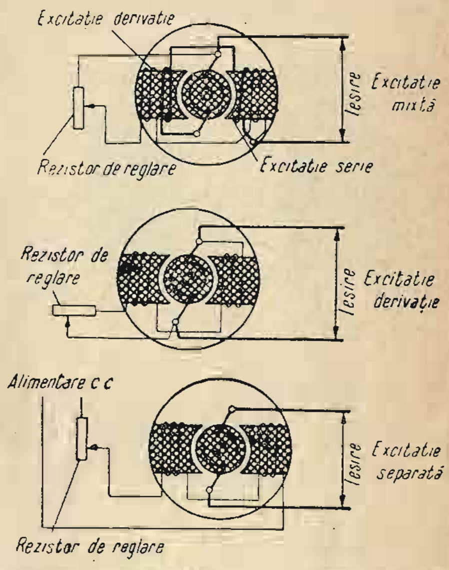


Fig. 22. Exemple de conectare ale dinamului.

Pentru pornirea unui dinam cu excitație derivație este suficient cîmpul magnetic remanent al pieselor polare. În cazul excitației serie la creșterea curentului în sarcină crește și cîmpul dat de bobinele de excitație. Acest efect se folosește la generatorul cu excitație mixtă pentru a face tensiunea de ieșire stabilă la fluctuații ale curentului de sarcină.

Cum funcționează un alternator?

Un alternator, care generează curent alternativ, nu necesită un colector, ca în cazul dinamului. Am văzut că curentul indus în spira care se rotește în cîmp magnetic este alternativ. În timp ce la dinam este necesar colectorul pentru obținerea tensiunii pulsatorii, în cazul alternatorului, tensiunea alternativă se culege direct

prin intermediul unor inele și a unor perii, așa cum este arătat în fig. 23. Tensiunea obținută este dependentă de poziția spirei față de axa magneților.

La alternatorul întîlnit în practică există un mare număr de spire, sistemul magnetic fiind ceva mai com-

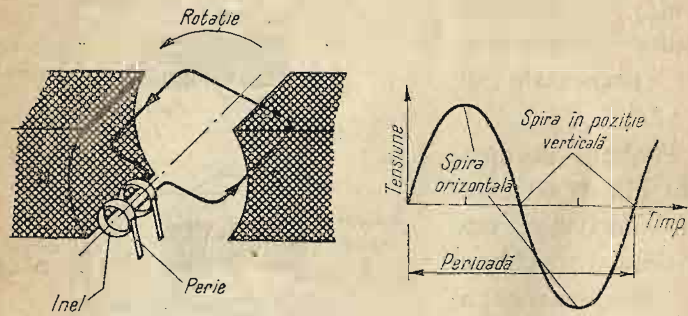


Fig. 23. Principiul alternatorului cu o singură spiră și două inele. El produce o tensiune sinusoidală.

plicat, și constituit din electromagneți. Pentru alimentarea acestora este necesară o sursă suplimentară de curent continuu. În fig. 24 este prezentat un alternator

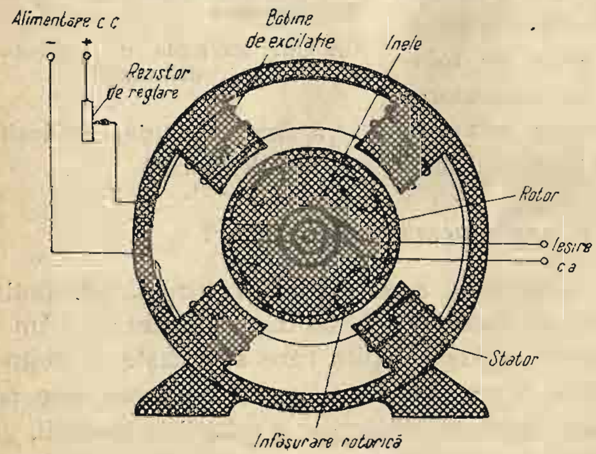


Fig. 24. Alternator cu patru poli.

simplu cu patru poli, în practică numărul acestora putînd fi mai mare. Frecvența tensiunii alternative, obținute, depinde de numărul perechilor de poli ai *statorului* și de viteza de rotație a *rotorului*.

Întotdeauna se obține tensiunea de ieșire la bornele rotorului?

Nu. La mașinile mari rotorul este cel care produce cîmpul magnetic de excitație, în timp ce în conductoarele statorice se induc curenți. În acest fel tensiunea de ieșire se obține în puncte fixe, alimentarea rotorului făcîndu-se prin inele colectoare.

Ce este defazajul?

Cînd o tensiune alternativă este aplicată unui simplu rezistor prin el va trece un curent alternativ. Tensiunea și curentul au forme de undă similare și ajung în același timp la valorile maxime, minime și zero. În acest caz se spune că ele sînt *în fază*.

Dacă tensiunea alternativă este aplicată unui circuit format de o inductanță, curentul va fi în urma ei. Dacă circuitul este o inductanță pură, curentul va fi în urma tensiunii cu 90°, adică va fi zero cînd tensiunea este maximă, și devine maxim cînd tensiunea trece prin zero (fig. 25). În situația în care circuitul este format dintr-o inductanță și o rezistență, curentul va fi în urma tensiunii cu un defazaj mai mic de 90°.

În mod similar dacă tensiunea se aplică unui circuit capacitiv curentul va fi defazat înaintea tensiunii aplicate cu 90°, în cazul unei capacități pure, și mai puțin de 90°, în cazul unui circuit format din capacitate și rezistență.

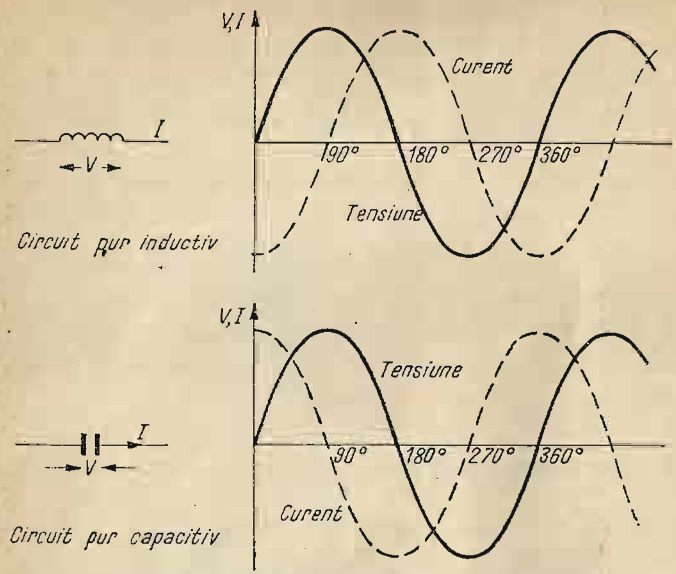


Fig. 25. Formele de undă ale tensiunii și curentului, în cazurile cînd circuitul conține o inductanță pură și o capacitate pură.

Ce este unghiul de defazaj?

Este unghiul între două mărimi sinusoidale de aceeași frecvență. Cînd trebuie adunați doi curenți alternativi care nu sînt în fază, trebuie să se țină seama de valoarea unghiului de defazaj (φ) dintre ei.

Ce este factorul de putere?

Factorul de putere este raportul între puterea activă și puterea aparentă. Puterea aparentă într-un circuit de curent alternativ se definește prin produsul între valoarea efectivă a tensiunii și valoarea efectivă a curentului ($P=VI$). Cînd în circuit sînt incluse diverse echi-

pamente, ca de pildă motoarele electrice, datorită defazajului între tensiune și curent, o parte din energia cedată se întoarce la generator. Puterea utilă, în acest caz, numită și putere activă, este $VI \cos\varphi$, unde φ este defazajul între tensiune și curent. Cosinusul unui unghi nu este niciodată mai mare ca unu.

Se poate vedea că factorul de putere este $\cos\varphi$.

Ce este unghiul de pierderi?

Este complementul unghiului de defazaj între tensiune și curent în cazul unui condensator care are drept dielectric un anumit material. Datorită imperfecțiunii izolatorului, defazajul între tensiune și curent va fi mai mic de 90°. Unghiul de pierderi este o măsură a imperfecțiunii izolatorului. De cele mai multe ori el este notat prin δ.

Cum lucrează puntea Schering?

Puntea Schering este utilizată pentru măsurarea capacităților condensatoarelor și a factorului de putere pentru diferite materiale izolatoare. Ea se poate întîlni sub două variante: puntea de înaltă tensiune și frecvență industrială și puntea de audiofrecvență.

Schema de bază a punții industriale este prezentată în fig. 26. Capacitatea necunoscută de măsurat, C_x, împreună cu capacitatea standard C_s, formează brațele de înaltă tensiune ale punții; rezistența R_2 și grupul paralel R_1, C_1 formează brațele de joasă tensiune. Condițiile de echilibru ale punții sînt:

$$C_x=C_s(R_1/R_2)$$

și

$$\operatorname{tg} \delta=2\pi f C_1 R_1$$

unde tg δ este tangenta unghiului de pierderi, iar f este frecvența tensiunii de alimentare. Folosirea rezistorului variabil R_2 și a capacității variabile C_1 permit realizarea echilibrului punții, independent, pentru capacitate și pentru unghiul de pierderi.

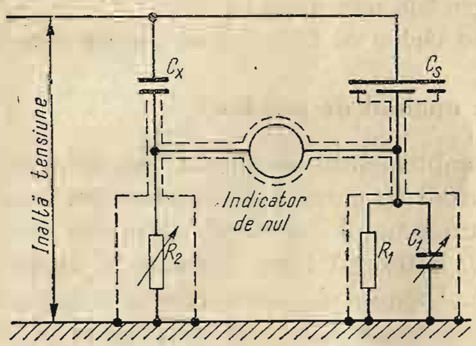


Fig. 26. Puntea Schering de înaltă tensiune.

Cînd este necesară măsurarea pierderilor la frecvență audio se folosesc conductoare de alimentare ecranate și legate la pămînt. Se formează, în acest caz, așa numita punte dublă.

Ce este componenta reactivă a curentului?

Este componenta neproductivă a curentului absorbit de echipamentele electrice cu un factor de putere mai mic ca unu. Pentru micșorarea acestei componente se utilizează instalații de îmbunătățire a factorului de putere.

De ce se folosește curentul alternativ mai mult decît curentul continuu?

Un prim avantaj consistă în faptul că tensiunea alternativă poate fi distribuită ușor la diferite valori prin

folosirea unui transformator. Este necesar ca energia electrică să fie produsă și distribuită la valori înalte ale tensiunii (vezi capitolul 4). Un alternator de tensiune înaltă este mai simplu și mai ieftin decît un generator de c.c., iar tensiunea alternativă produsă, poate fi ușor ridicată la valoarea necesară transmiterii și apoi coborîtă pentru alimentarea consumatorilor individuali.

Cum funcționează un transformator?

Pe baza fenomenului de inducție electromagnetică el produce o tensiune de ieșire alternativă, a cărei valoare depinde de valoarea tensiunii de intrare. În principal, el este format din două înfășurări dispuse pe același miez magnetic, confecționat din fier. Cînd un curent alternativ străbate înfășurarea *primară*, variația fluxului magnetic produce în *secundar* o tensiune indusă. Dacă bornele înfășurării secundare sînt conectate la un circuit în secundar apare un curent.

Cînd înfășurarea secundară are mai multe spire decît cea primară, tensiunea obținută la bornele ei este mai mare decît cea aplicată pe primar. Invers pentru cazul contrar. Întrucît la un transformator perfect puterea este constantă, la ridicarea tensiunii se obține în secundar un curent mai mic decît în primar și viceversa.

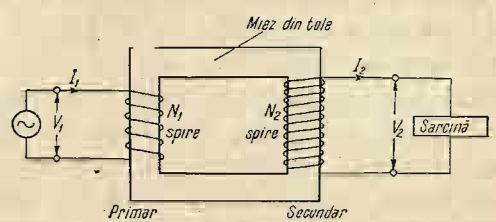


Fig. 27. Principiul transformatorului. Miezul este confecționat din tole, pentru reducerea curenților turbionari.

Cu notațiile din fig. 27 avem

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}.$$

Dacă cele două înfășurări sînt identice, curenții și tensiunile în primar și secundar vor avea aceleași valori. Un astfel de transformator cu raportul de transformare 1 : 1 este utilizat cînd este necesară decuplarea galvanică între două echipamente electrice.

Poate fi curentul alternativ transformat în curent continuu?

Da. Aceasta se poate face direct cu un redresor, sau prin intermediul unui grup motor-generator în care un motor de c.a. antrenează un generator de c.c. Un convertizor rotativ, realizează aceasta, avînd inele colectoare la un capăt și colector la celălalt.

Cum funcționează un redresor?

Redresorul este un dispozitiv care lasă să treacă curentul într-un singur sens. Cînd tensiunea alternativă se aplică la intrarea unui redresor simplu (fig. 28 (a)), curentul va trece prin el numai în timpul unei jumătăți de perioade, astfel încît la ieșire se obține o serie de pulsuri de același semn. Un dispozitiv mai complicat format din patru diode redresoare, montate ca în fig. 28 (b) realizează o *redresare completă*. Prin această schemă ambele semialternanțe ale tensiunii de intrare sînt inversate în pulsuri de aceiași polaritate, frecvența lor fiind dublă față de cea a tensiunii de intrare. Cu ajutorul unor echipamente adiționale, numite filtre, se realizează netezirea acestor pulsuri pentru a obține o tensiune continuă.

Redresoarele metalice pot fi semiconductoare de tipul seleniului sau siliciului. Se mai utilizează tuburi redre-

soare de tipul diodelor folosite în echipamentele electronice, iar în cazul curenților foarte intenși se folosesc tuburile redresoare cu vapori de mercur. Tiristoarele pot fi utilizate deasemeni ca redresoare (vezi pag. 34).

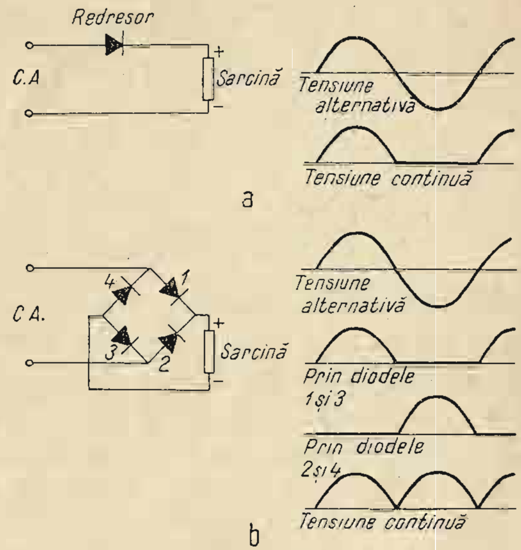


Fig. 28. Redresarea: *a* — semi-alternanță; *b* — dublă alternanță.

Ce este un sistem trifazat?

Este un sistem de curent alternativ care folosește trei circuite separate, tensiunile fiind egale în valoare efectivă și frecvență, dar fiind defazate în timp cu o treime din perioadă. Tensiunile sînt produse de un alternator trifazat; ele sînt transmise prin cabluri și transformatoare la motoare sau alți consumatori trifazați.

Figura 29 prezintă sistemul celor trei tensiuni (V_1, V_2, V_3) produse de un alternator trifazat. Defazajul între ele este de 120°. Suma algebrică a celor trei tensiuni la fie-

care moment de timp este zero (tensiunile situate deasupra axei sînt considerate pozitive, iar celelalte negative).

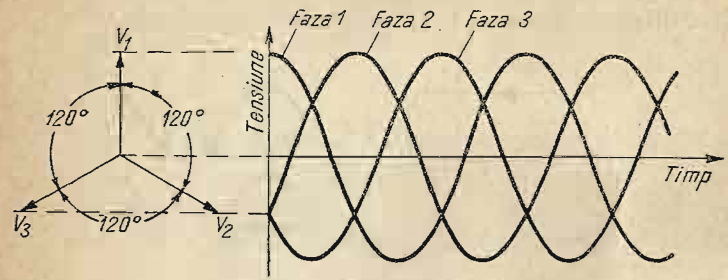


Fig. 29. Tensiuni trifazate.

Care sînt avantajele sistemului trifazat în comparație cu cel monofazat?

1. Un sistem trifazat de tensiuni are posibilități de utilizare, mai multe decît unul monofazat.
2. Conectarea alternatoarelor trifazate în paralel este relativ simplă, astfel încît putem combina tensiunile de ieșire.
3. Transportul și distribuția energiei electrice sînt mai economice.
4. Motoarele trifazate sînt mai eficiente decît cele monofazate.

Ce este conexiunea în stea?

Este acea dispunere a bobinelor fazelor în care punctele de sfîrșit ale înfășurărilor sînt legate într-un punct comun, numit *vîrful stelei*. În fig. 30 fiecare dintre înfășurările de fază ale alternatorului alimentează cîte o sarcină printr-o pereche de conductoare. În practică conductoarele de întoarcere pot fi înlocuite cu unul singur formîndu-se astfel un sistem cu patru conductoare.

Prin al patrulea conductor circulă curentul de întoarcere, cînd sarcinile nu sînt egale. Dacă sarcinile sînt egale, acest conductor, numit și neutru, nu este necesar. În această situație alternatorul se leagă la pămînt, sistemul avînd numai trei fire.

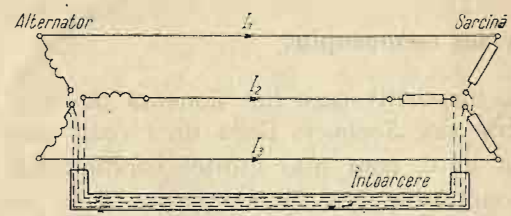


Fig. 30. Conexiunea trifazată în stea.

Tensiunea între două conductoare de alimentare a sistemului trifazat conectat în stea (numită *tensiune de linie*) este de $\sqrt{3}$ sau 1,73 ori mai mare decît tensiunea între un conductor și firul neutru (numită *tensiune de fază*).

Ce este conexiunea în triunghi?

Este conexiunea în care înfășurările fazelor sînt conectate cap la cap într-un lanț continuu. Tensiunea de linie, în acest caz este egală cu tensiunea de fază, dar curentul de linie este de $\sqrt{3}$ ori mai mare decît curentul de fază.

Mai sînt și alte căi de producere a energiei electrice?

Există tot atîtea moduri de producere a energiei electrice cîte efecte are curentul electric. Pînă acum au fost prezentate generatoarele care utilizează efectul electromagnetic al curentului. În capitolul 7 sînt descrise bate-

riile, care folosesc efectul electrolitic al curentului electric. Alte surse de energie mai puțin utilizate în practică, se bazează pe legătura între curentul electric și energia luminoasă sau energia termică. Se fac în prezent cercetări asupra *generatoarelor de inducție* ale căror părți metalice în mișcare să fie înlocuite cu gaz.

Ce este un termocuplu?

Este un dispozitiv care funcționează pe baza *efectului termoelectric* sau *Seebeck.* Dacă un circuit electric este format din două (sau mai multe) conductoare metalice diferite, joncțiunile lor fiind menținute la temperaturi diferite, prin circuit va trece un curent electric. De exemplu, dacă circuitul este format din constantan (aliaj de cupru și nichel) și cupru, cele două joncțiuni fiind menținute la 0°C, respectiv la 300°C, atunci forța electromotoare produsă va fi de aproximativ 15 milivolți (0,015 V).

Întrucît tensiunea de ieșire a unui termocuplu este proporțională cu temperatura, la conectarea lui pe un voltmetru calibrat se poate măsura direct temperatura joncțiunii calde față de a celei reci. Un astfel de termometru se utilizează la măsurarea temperaturii furnalelor. Invers, un mare număr de termocuple conectate între ele pot transforma direct energia termică în energie electrică.

Cum funcționează o fotocelulă?

Fotocelula este un dispozitiv sensibil la lumină format din doi electrozi închiși într-un balon de sticlă din care s-a scos aerul sau a fost umplut cu gaz inert. Unul din electrozi este construit dintr-o placă învelită într-un metal sensibil la lumină, cum este cesiul, de exemplu, care emite electroni atunci cînd este iluminat. Celălalt electrod este menținut la un potențial pozitiv față de placă astfel încît el va atrage electronii emiși. Curentul în circuitul exterior crește cu iluminarea, dar nu este proporțional cu ea.

Un alt tip de fotocelulă are drept electrod o placă de plumb învelită în oxid de cupru sau seleniu (sau alte semiconductoare) și apoi acoperită cu o peliculă transparentă metalică. Lumina străbate pelicula metalică și învelișul semiconductor emite electroni. Aceștia trec în pelicula metalică, fiind înlocuiți de electronii din plumb. Ca urmare a acestui fenomen, rezultă o diferență de potențial între pelicula metalică și placa de plumb.

Pentru a produce o putere electrică care să poată fi utilizată practic sînt necesare foarte multe celule de acest fel conectate între ele.

Ce este un generator magnetohidrodinamic (MHD)?

Un generator magnetohidrodinamic este un dispozitiv care transformă energia termică a unui gaz fierbinte, ionizat în energie electrică. În cel mai simplu generator MHD, gazul ionizat trece printre polii unui electromagnet, direcția sa de curgere fiind perpendiculară pe cîmpul magnetic. Cu anumite modificări, se poate face în așa fel încît cîmpul electric indus în curentul de gaz (care este mărit prin impurificarea gazului cu materiale gata ionizate) să fie utilizat pentru a dirija curentul electric printr-o sarcină exterioară. Alt tip de generator MHD utilizează drept fluid de lucru metalul topit.

Ce este un tiristor?

Tiristorul este un dispozitiv semiconductor redresor controlat, care este capabil să blocheze curentul în con-

ducție directă pînă la apariția unui impuls de comandă care pune în funcțiune elementul. El este format din patru straturi de material semiconductor, de exemplu siliciu, avînd grosimea de 0,4 mm și diametrul între 2,5 și 25 mm. Dispozitivul poate fi scos din funcțiune numai prin inversarea polarității tensiunii aplicate sau prin creșterea rezistenței de sarcină.

Transportul energiei electrice

La ce tensiune este transportată energia electrică?

Energia electrică este transportată la distanță printr-un sistem de rețele electrice, la diverse tensiuni: 110 kV, 220 kV, 400 kV și chiar peste 800 kV. Transportul energiei electrice se face fie prin linii aeriene, fie prin cabluri subterane.

La tensiunea de 110 kV, stîlpii de susținere au peste 25 m înălțime, fiind plasați la intervale de circa 300 m; la 220 kV ei au înălțimea de peste 35 m, intervalul fiind circa 350 m; la 400 kV, înălțimea poate ajunge la 50 m, distanța între ei fiind de peste 350 m. În anumite situații, cum sînt de exemplu trecerile peste ape, ei pot atinge înălțimi mai mari.

Unde sînt folosite cablurile subterane?

În localitățile urbane și acolo unde costul suplimentar este justificat de alte considerații, cum ar fi cel estetic de pildă. Un cablu subteran de înaltă tensiune necesită instalații de răcire și instalații suplimentare pentru evitarea pierderilor în pămînt. Din acest motiv el este mult mai scump decît o linie aeriană.

Este transportul realizat în curent continuu?

Da. Transportul energiei la mare distanță și înaltă tensiune în curent continuu este tot mai des folosit. Ast-

fel sînt evitate efectele capacitive și inductive din curent alternativ. Experiența a arătat că pentru transportul la aceeași tensiune este necesar în c.c. un cablu cu diametru mult mai mic. Totuși, costul instalațiilor de redresare și conversie (de transformare înapoi în c.a.) face mai scump transportul în c.c. decît în c.a., astfel încît el este economic numai pentru o linie de cîteva sute de kilometri.

Linii de transport în c.c. sînt instalate între Anglia și Franța, Sardinia și Italia, Suedia și Danemarca, în Uniunea Sovietică și în America de Nord.

Care sînt materialele utilizate pentru linii aeriene și cabluri?

Liniile aeriene sînt confecționate din conductoare de cupru, aluminiu cu miez de oțel și cadmiu-cupru. Conductoarele din cupru sînt folosite la toate tensiunile; pentru deschideri mari se utilizează cele din cadmiu-cupru care au o mare rezistență mecanică. Conductoarele din aluminiu cu miez de oțel sînt folosite în special în cazul tensiunilor înalte. Există tendința ca aluminiul să înlocuiască cuprul, datorită costului său mai scăzut.

În cazul *cablurilor subterane* sînt necesare straturi de izolație și protecție. Dintre materialele izolatoare remarcăm: hîrtia impregnată cu ulei, cauciucul natural și sintetic, materialele plastice, cum sînt policlorura de vinil sau polietilena (utilizată de obicei în locul cauciucului). Cablurile izolate cu hîrtie pot fi utilizate pînă la 400 kV, în timp ce cablurile izolate cu cauciuc sau materiale plastice, numai pînă la 11 kV.

Protecția unui cablu cu izolație de hîrtie impregnată este mai întîi realizată cu un strat de plumb sau aluminiu pentru evitarea umezelii și apoi cu un strat de bitum armat sau fără armătură metalică, pentru evitarea coroziunii și a distrugerii mecanice. Pentru cablurile izolate cu cauciuc sau materiale plastice protecția este determinată de necesitățile de serviciu.

Cum sînt construite cablurile de energie electrică?

În fig. 31 sînt prezentate secțiuni transversale prin trei tipuri de cabluri de energie electrică. Cablul cu izolație înfășurată (a), așa cum arată și denumirea lui, are izolația înfășurată pe fiecare mănunchi de conductoare, totul fiind prins într-o izolație exterioară. Cablul cu tresă metalică (b) are fiecare mănunchi izolat separat, totul fiind îmbrăcat într-un înveliș metalic. La cablul cu manta de plumb (c) fiecare mănunchi de conductoare este învelit într-o manta de plumb.

Cablurile utilizate la tensiuni foarte înalte sînt echipate suplimentar pentru evitarea deformării lor prin încălzire. Fig. 32 prezintă cîteva dintre ele, fiecare avînd cîte trei mănunchiuri. În mod obișnuit ele sînt cabluri

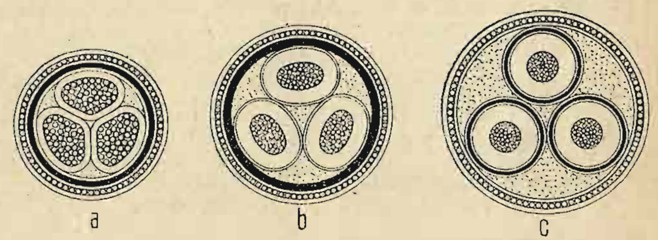


Fig. 31. Cabluri subterane pentru tensiuni sub 50 kV: *a* — cablu cu izolație înfășurată; *b* — cablu cu tresă metalică; *c* — cablu cu manta de plumb.

cu un singur mănunchi. Cablurile cu ulei (a) includ niște spirale metalice, folosite la dirijarea uleiului încălzit spre rezervoarele de răcire plasate la diverse intervale pe lungimea cablului. Odată răcit, acesta este dirijat din nou

spre cablu. Cablul plat, are (b) mănunchiurile așezate unul lîngă altul. Mantaua de plumb este înconjurată de o foiță metalică prin care circulă ulei. Variațiile de volum ale acesteia, datorită încălzirii, sînt preluate de ulei, care

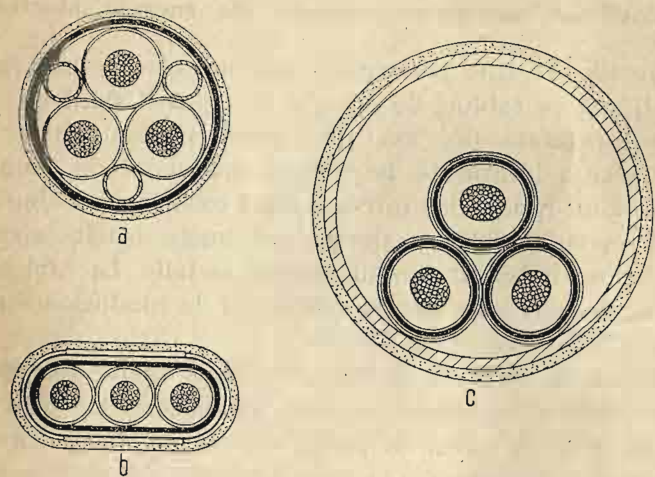


Fig. 32. Cabluri subterane pentru tensiuni peste 50 kV: *a* — cablu cu ulei; *b* — cablu plat; *c* — cablu în conductă sub presiune.

umple spațiul rămas. Cablul în conducta sub presiune (c) constă dintr-un cablu în manta închis într-un container cu azot la presiunea 1 400 kN/m^2.

Sînt studiate în prezent cablurile răcite cu apă.

Care este curentul limită al unui cablu?

Este curentul continuu maxim la care cablul funcționează sigur și fără deteriorări. Capacitatea cablului în acest sens este limitată de căldura generată de conductor și disipată în izolație și manta. Curentul maxim depinde de temperatura maximă la care izolația poate lucra (65°—85°C depinzînd de tensiune, tip etc.) și de modul în

care cablul a fost instalat. În general curentul maxim admis într-un cablu îngropat este mai mic decît al aceluiași cablu plasat în aer, dar în anumite cazuri situația poate fi inversă.

Pentru toate tipurile de cabluri există tabele care dau curentul maxim.

Cum ajunge energia electrică la consumator?

1. Energia electrică este produsă așa cum am văzut în capitolul anterior, la o tensiune de 11 kV, sau chiar mai mare.

2. Tensiunea este ridicată la 220 kV sau 400 kV pentru sistemul de transport.

3. De la stațiile de alimentare este distribuită la 33 kV (sau uneori la 66 kV), instalațiile industriale mari fiind alimentate direct la această tensiune.

4. La stațiile primare este coborîtă la 11 kV sau 6,6 kV.

5. În stațiile locale se obține tensiunea de alimentare utilizată în locuințe, birouri etc. (380 V trifazat, 220 V monofazat).*

Ce este un întreruptor?

Este un dispozitiv pentru conectarea și întreruperea unui curent într-un circuit, sau pentru decuplarea automată a circuitului la creșterea excesivă a curentului în urma unui scurt circuit în sarcină. Întreruptoarele sînt conectate în diferite puncte ale rețelei de distribuție.

Circuitul este întrerupt printr-o separare mecanică a contactelor conectate în serie cu el. Contactele întreruptorului sînt plasate într-o cameră de stingere a arcului electric (care tinde să păstreze continuitatea circuitului).

* La noi în țară tensiunea de linie trifazată este 380 V, iar cea monofazată utilizată în clădiri este 220 V, în mod obișnuit.

De obicei mediul de stingere este ulei sau aer. Aerul se poate afla sub presiune așa cum se întîmplă la întreruptorul cu aer comprimat. La alte tipuri de întreruptor apa este utilizată cu succes la stingerea arcului. În cazul întreruptoarelor de înaltă tensiune se folosește hexaflorura de sulf.

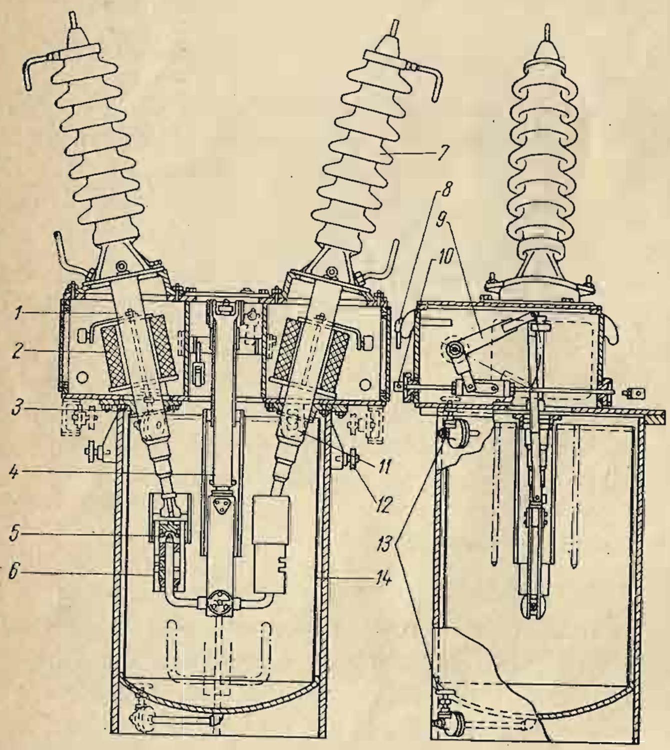


Fig. 33. Întreruptor monofazat cu ulei, pentru tensiunea de 60 kV:

1 — borne; *2* — secundarul transformatorului de curent; *3* — dispozitiv de etanșare; *4* — ghidare, resoarte de declanșare și amortizoare; *5* — contacte mobile; *6* — arcuri de reglare și contacte; *7* — izolator de porțelan; *8* — ventil; *9* — mecanism de acționare; *10* — cuplare elastică; *11* — indicator de nivel pentru ulei; *12* — roată de comandă manuală; *13* — filtre și robinete pentru aer; *14* — cămașă izolatoare din fibre vulcanizate.

La întreruptorul cu ulei prezentat în fig. 33 deschiderea contactelor în ulei și temperatura inițial ridicată a arcului, determină apariția unei bule de gaz, formată în principal din hidrogen. Turbulența gazului și răcirea prin uleiul înconjurător realizează stingerea efectivă a arcului electric.

Cum funcționează o siguranță?

Siguranța sau fuzibilul este formată dintr-un conductor subțire care se încălzește și se topește, deschizînd circuitul, atunci cînd curentul depășește o anumită valoare. În locuințe se folosesc pentru protecția instalației electrice siguranțe capsulate. Tot în acest scop se mai folosesc *întreruptoare automate miniatură*, avînd curentul de rupere mai mic de 60 A.

Cum este realizată instalația de protecție a unei locuințe?

La o instalație casnică mică, siguranțele sau alte dispozitive de protecție sînt plasate în trei puncte așa cum este arătat în fig. 34. Înainte de intrarea în contor se dispune o siguranță de 60 A pe faza liniei de alimentare. După contor și întreruptorul principal urmează un tablou de siguranțe (sau întreruptoare miniatură) de 30 A pentru fiecare circuit de putere sau grup de circuite (siguranțele de 5 A sînt suficiente, în mod obișnuit pentru circuitele de iluminare). La un circuit modern de tip buclat cu o priză de ieșire de 13 A, fiecare fișă a consumatorilor electrici are propria sa siguranță adecvată acestuia. Într-un astfel de circuit, un consumator fix este conectat prin intermediul unei cutii cu siguranțe, dacă aceasta nu este încorporată în el.

Ce este un circuit buclat de alimentare?

Este un sistem de distribuţie a energiei electrice într-o locuinţă formînd o buclă pe care se pot conecta mai multe prize de 13 A, deservind o suprafaţă de aproximativ 100 m^2, totul fiind legat la o priză de ieşire de 30 A (vezi fig. 35). Aparatele consumatoare sînt conectate în circuit

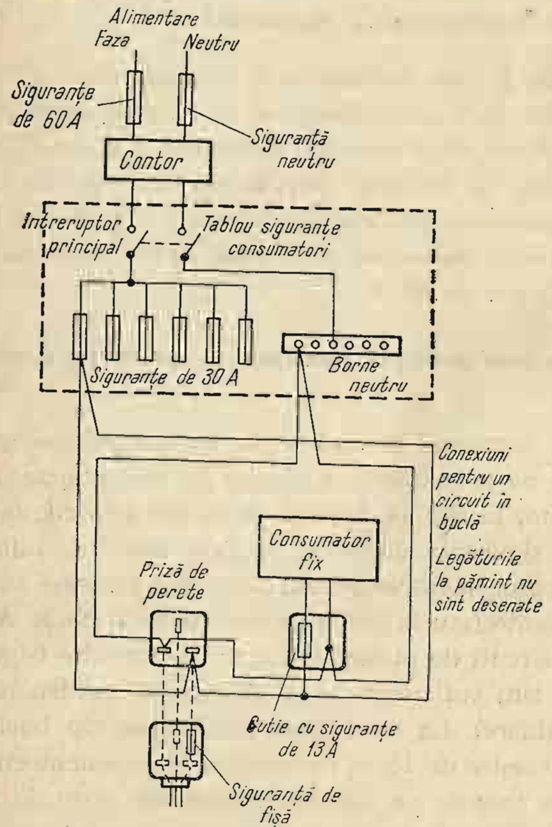


Fig. 34. Protecţia electrică a unei instalaţii casnice. Schema nu cuprinde conductorul de legare la pămînt.

prin fişe multiple. Siguranţe capsulate sînt asamblate în fişele de legătură sau în cutii de siguranţe pentru consumatorii ficşi. Cablurile de legătură la fiecare priză trebuie să aibe secţiunea mai mare de 1,5 mm^2 (sau 2,5 mm^2 dacă au izolaţie de cauciuc sau p.v.c.).

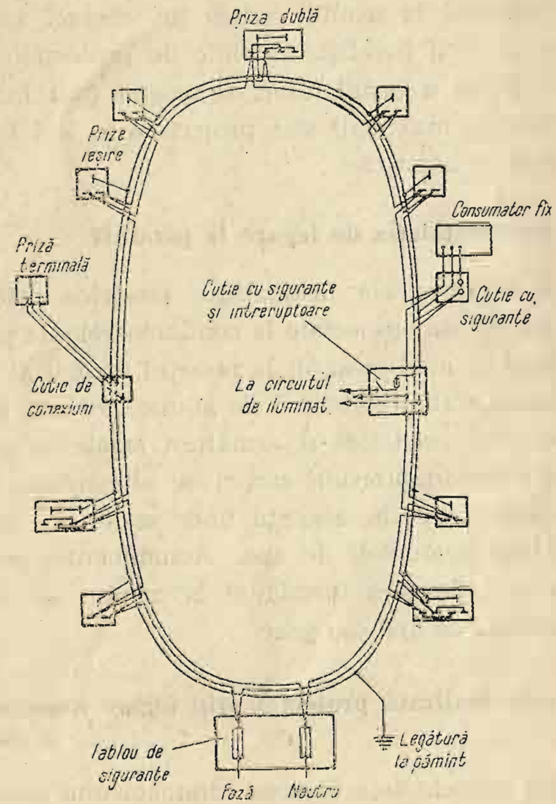


Fig. 35. Un circuit buclat. Un circuit separat trebuie instalat pe fiecare suprafaţă de 100 m^2, punctele de alimentare fiind convenabil aşezate de-a lungul său. Fiecare buclă este alimentată prin fază şi neutru, de la tabloul de distribuţie.

Care sînt defectele ce pot determina creșterea excesivă a curentului prin siguranțe?

1. Contactul între conductoarele parcurse de curent, determinînd un scurt circuit.

2. Supraîncărcarea circuitului.

3. O legătură la pămînt, adică un contact între un conductor activ și învelișul metalic de protecție. În cea mai mare parte a instalațiilor, siguranța (sau întrerupătorul de curent maximal) sînt proiectate în așa fel încît să lucreze și în acest caz.

Cum este instalația de legare la pămînt?

Părțile metalice ale instalațiilor electrice prin care nu trece curent sînt conectate la conductoarele de pămînt, care se leagă în mod obișnuit la punctul neutru al rețelei de alimentare. Cablul subteran de alimentare are, de asemenea, mantaua metalică și armătura legate la punctul neutru al transformatorului stației de alimentare. În instalațiile mai vechi, în absența unor astfel de legături, erau utilizate conductele de apă. Actualmente, nu mai este permis ca legarea instalației la pămînt să se facă prin conductele de apă sau gaze.

Cum este realizată protecția prin legare multiplă la pămînt?

Una din metode este legarea conductorului neutru al liniei de alimentare la pămînt. Legarea la pămînt se face la diferite intervale, de obicei, la intrarea și la ieșirea instalației, ceea ce asigură o continuitate în cazul ruperii conductorului neutru.

Cum se măsoară energia consumată?

Cu ajutorul unui contor de energie. Acest instrument de măsură are ca parte principală un disc de aluminiu ce se poate roti în jurul unui ax (vezi fig. 36). Doi electromagneți plasați lîngă disc produc cîmpuri magnetice care induc în disc curenți. În urma interacțiunii curenților induși și cîmpul magnetic, rezultă un cuplu care rotește discul. Electromagnetul în formă de E, cu miez din tole de fier, produce un cîmp proporțional cu tensiunea aplicată; electromagnetul în formă de U, tot cu miez din tole, pro-

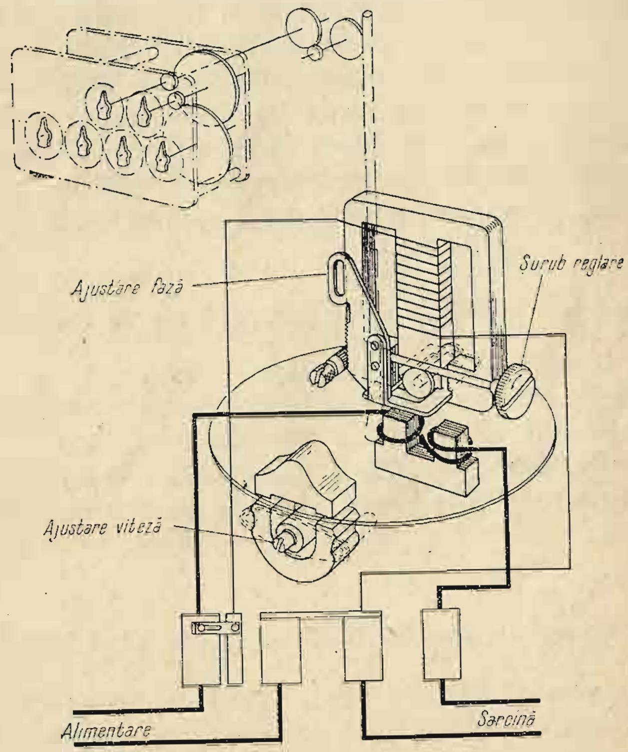


Fig. 36. Wattmetru monofazat.

Care sînt defectele ce pot determina creşterea excesivă a curentului prin siguranţe?

1. Contactul între conductoarele parcurse de curent, determinînd un scurt circuit.

2. Supraîncărcarea circuitului.

3. O legătură la pămînt, adică un contact între un conductor activ şi învelişul metalic de protecţie. În cea mai mare parte a instalaţiilor, siguranţa (sau întreruptorul de curent maximal) sînt proiectate în aşa fel încît să lucreze şi în acest caz.

Cum este instalaţia de legare la pămînt?

Părţile metalice ale instalaţiilor electrice prin care nu trece curent sînt conectate la conductoarele de pămînt, care se leagă în mod obişnuit la punctul neutru al reţelei de alimentare. Cablul subteran de alimentare are, de asemenea, mantaua metalică şi armătura legate la punctul neutru al transformatorului staţiei de alimentare. În instalaţiile mai vechi, în absenţa unor astfel de legături, erau utilizate conductele de apă. Actualmente, nu mai este permis ca legarea instalaţiei la pămînt să se facă prin conductele de apă sau gaze.

Cum este realizată protecţia prin legare multiplă la pămînt?

Una din metode este legarea conductorului neutru al liniei de alimentare la pămînt. Legarea la pămînt se face la diferite intervale, de obicei, la intrarea şi la ieşirea instalaţiei, ceea ce asigură o continuitate în cazul ruperii conductorului neutru.

Cum se măsoară energia consumată?

Cu ajutorul unui contor de energie. Acest instrument de măsură are ca parte principală un disc de aluminiu ce se poate roti în jurul unui ax (vezi fig. 36). Doi electromagneţi plasaţi lîngă disc produc cîmpuri magnetice care induc în disc curenţi. În urma interacţiunii curenţilor induşi şi cîmpul magnetic, rezultă un cuplu care roteşte discul. Electromagnetul în formă de E, cu miez din tole de fier, produce un cîmp proporţional cu tensiunea aplicată; electromagnetul în formă de U, tot cu miez din tole, pro-

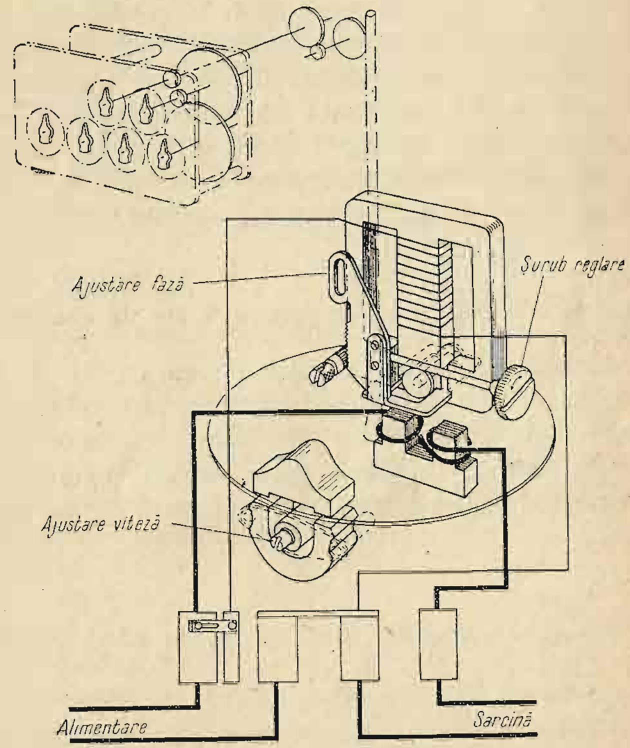


Fig. 36. Wattmetru monofazat.

duce un cîmp proporţional cu curentul absorbit. Frînarea discului se realizează cu ajutorul unor magneţi permanenţi.

Viteza de rotaţie a discului depinde de efectul ambilor electromagneţi şi este, deci, corelată cu puterea consumată, numărul de rotaţii fiind proporţional cu energia exprimată în kilowaţi oră (kWh).

Cum este taxată energia consumată?

Taxarea energiei consumate se poate face fie direct proporţional cu energia consumată, fie stabilindu-se un tarif fix în funcţie de receptoarele existente (pauşal). Mai există sistemul în care o parte din energia consumată se plăteşte la un tarif, iar restul la un tarif redus (în acest caz, preţul energiei în timpul nopţii este mai redus decît în timpul zilei). Pentru înregistrarea energiei consumate ziua, diferenţiat de cea consumată noaptea, este necesar un contor cu dublu tarif.

Care este codul culorilor pentru firele de conexiune?

A fost adaptat cablul de culoare *roşie* pentru conductoarele active, *albă* pentru neutru, iar pentru conductorul de pămînt, *verde* şi *galben* (bicolor). În instalaţiile mai vechi sînt utilizate culoarea roşie pentru conductoarele active, negru pentru neutru şi verde pentru conductorul de pămînt.

r. tv. r. tv. r. tv. r. tv.

Încălzirea şi iluminarea electrică

Cum produce căldură un curent electric?

Un conductor prin care trece curent se încălzeşte datorită energiei electronilor în mişcare, ca urmare a ciocnirilor acestora de atomii reţelei metalice.

În timp ce anumite conductoare sînt proiectate pentru a disipa căldură minimă, altele se construiesc special pentru a produce energie termică. Ultimele, sînt elemente de încălzire electrică şi sînt montate în spirală pe suporţi de cărămidă refractară.

Din ce materiale se face elementul de încălzire?

Aceasta depinde de condiţiile termice în care el trebuie să lucreze. Elementul confecţionat dintr-un aliaj nichel-cupru (45% nichel, 55% cupru) poate lucra pînă la 400°C; un aliaj de nichel crom-fier (60% nichel, 24% fier, 16% crom) pînă la 950°C; un aliaj nichel-crom (80% nichel, 20% crom) pînă la 1 150°C şi unul de fier-crom-aluminiu (20—30% crom, 5% aluminiu, 65—75% fier) pînă la 1 350°C.

La ce temperaturi lucrează anumite elemente?

Elementele de încălzire casnice pot funcţiona după cum urmează: un încălzitor prin convecţie la 350°C; un prăjitor de pîine la 600°C; un ceainic sau un încălzitor de rufe la 850°C; un fier de călcat sau un încălzitor prin ra-

diație la 900°C. Elementele rezistive ale cuptoarelor electrice de tratare a metalelor funcționează la 1 000°C sau mai mult.

Care sînt principalele tipuri de încălzitoare casnice?

Un încălzitor *radiant* produce căldură prin radiație; el încălzește obiectele aflate în calea radiației termice și nu aerul înconjurător. Temperatura elementelor de încălzire în acest caz este foarte ridicată.

Un încălzitor *convector* încălzește prin convecție aerul din locuință, care poate fi antrenat prin intermediul unui ventilator. Încălzitoarele tubulare, ca și cele cu ulei sau apă, funcționează prin convecție. Și în acest caz o mică cantitate de căldură este cedată prin radiație. Elementele de încălzire au o temperatură relativ redusă. În cazul încălzirii prin convecție, aerul intră în cameră prin partea de jos, străbate elementele de încălzire și iese la nivelul tavanului, temperatura fiind controlată prin intermediul unui termostat.

Un încălzitor *înmagazinator* este un convector cu elementele îmbrăcate într-un material izolant. El funcționează în timpul nopții, cînd energia electrică este mai ieftină și cedează căldură în timpul zilei, transmiterea făcîndu-se cu ajutorul ventilatoarelor.

Cum funcționează un termostat?

Este un dispozitiv de reglare a temperaturii și cuprinde un element sensibil la variațiile acesteia. La schimbarea temperaturii se produce o forță mecanică sau un semnal electric care acționează un regulator de căldură prin intermediul unui întreruptor, ventil sau alt dispozitiv (vezi fig. 37). În forma cea mai simplă, termostatul este

alcătuit din două lamele din metale diferite, prinse una de alta, astfel încît la creșterea temperaturii, datorită dilatărilor diferite, dispozitivul se curbează. Această curbare este folosită la acționarea unui întreruptor.

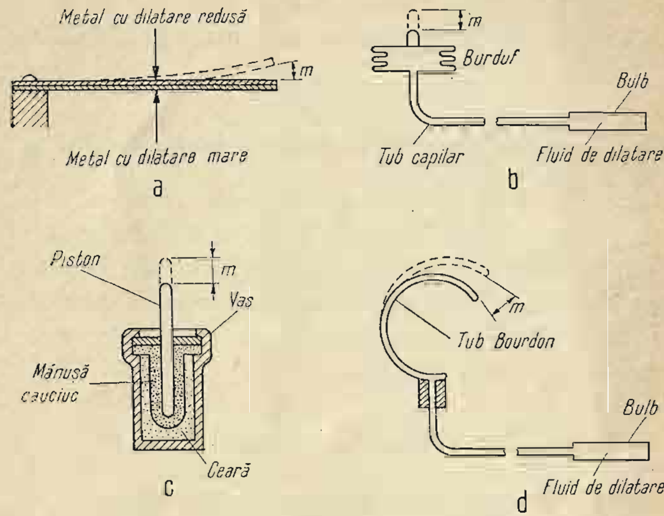


Fig. 37. Termostate. Deformarea datorită temperaturii este notată cu m;
a — lamă bimetalică în consolă; *b* — element cu expansiune volumetrică; *c* — element cu piston; *d* — element cu tub Bourdon.

Ce este o rezistență de încălzire?

Este o rezistență electrică de valoare relativ mare care disipă suficientă căldură la trecerea curentului electric. În industrie ele se întîlnesc la cuptoarele încălzite electric. Elementele de încălzire industriale sînt similare celor folosite în locuințe, fiind confecționate din aliaje nichel-crom sau fier-crom-aluminiu. La temperaturi foarte ridicate se utilizează molibdenul, tungstenul sau platina. Deasemeni, pot fi utilizate materiale nemetalice cum ar fi grafitul sau carbura de siliciu.

Rezistenţele de încălzire sînt utilizate la topirea metalelor moi ca antimoniul, plumbul, zincul care se topesc la temperaturi relativ joase. Drept vase de topire se pot folosi containere metalice. În unele situaţii, piesa metalică este conectată direct în circuitul electric. Acest procedeu se utilizează la încălzirea barelor de metal înainte de laminare sau forjare.

Ce este încălzirea prin curenţi de înaltă frecvenţă?

Ridicarea temperaturii unui metal prin curenţii de înaltă frecvenţă care-l străbat, situaţie în care se produce o încălzire foarte rapidă. Modul de încălzire depinde de natura materialului. Astfel pentru materialele conductoare se utilizează *încălzirea prin inducţie,* iar pentru cele izolatoare, *încălzirea dielectrică.*

Cum se realizează încălzirea prin inducţie?

Pe baza fenomenului de inducţie electromagnetică, întîlnit la transformator. Cînd un material conductor este plasat într-un cîmp magnetic alternativ în el apare un curent electric indus, care determină încălzirea materialului. Puterea disipată pe o piesă de lucru depinde de modul de cuplare între ea şi dispozitivul inductor, un cuplaj fiind strîns cînd distanţa este mai mică de 5 mm. În aceste condiţii puterea disipată în piesă este proporţională cu pătratul curentului din inductor şi rădăcina pătrată a frecvenţei. La frecvenţe ridicate curentul indus tinde să se repartizeze superficial; acest fenomen se numeşte *efect pelicular* şi este tot mai pronunţat la frecvenţe înalte.

Un cuptor de inducţie necesită o atmosferă specială sau vid de topire. În cazul topirii metalelor se utilizează

frecvenţa industrială (50 Hz), în timp ce la lipirea sau călirea metalelor, frecvenţa poate ajunge pînă la 10 000 Hz. Echipamentele pentru tratamente superficiale pot funcţiona la frecvenţe chiar mai mari decît 500 000 Hz.

Cum se face încălzirea dielectrică?

Prin pierderile care au loc într-un material izolator cînd acesta este conectat drept condensator la o alimentare de c.a. Cîmpul alternativ determină mişcarea moleculelor care duce la încălzirea materialului. Electrozii pot

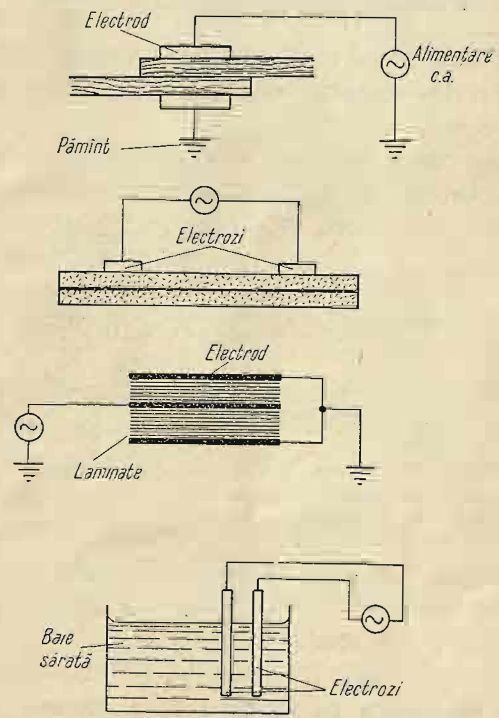


Fig. 38. Diferite moduri de încălzire dielectrică a îmbinărilor de lemn şi a băilor pentru tratamente termice ale metalelor.

fi plasați în diverse poziții așa cum este arătat în fig. 38. Temperatura mai mică de 100°C produsă în materialele dielectrice este adecvată multor scopuri industriale.

Energia termică produsă este proporțională cu frecvența și pătratul tensiunii de alimentare. Tensiunea de alimentare poate ajunge pînă la 15 kV, iar frecvența este cuprinsă între 2 și 100 MHz.

Încălzirea dielectrică este utilizată în producerea materialelor plastice și în topirea foliilor termoplastice.

Ce este un cuptor cu arc electric?

Este un cuptor de topire în care este produs un arc electric între doi electrozi, deobicei metalul de topit formînd unul din ei.

Un cuptor cu arc direct are trei electrozi de grafit conectați la un sistem trifazat de tensiuni, arcul electric formîndu-se între aceștia și șarja metalică (fig. 39). Electrozii sînt inițial în contact cu șarja, după care curentul este menținut de arc. În acest fel se poate obține o temperatură de 3 500°C.

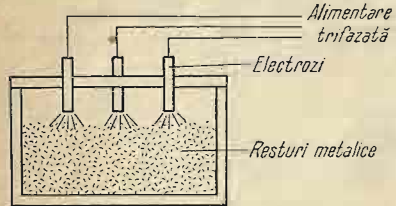


Fig. 39. Cuptor cu arc electric pentru deșeuri metalice.

Un cuptor cu arc indirect este alimentat de o tensiune monofazată. Cei doi electrozi între care se formează arcul sînt montați orizontal deasupra șarjei, care este legănată între ei pentru a fi încălzită uniform prin radiație.

Ce este un cuptor cu fascicul de electroni?

Este un cuptor în care electronii accelerați în vid sînt folosiți la topirea metalelor. Un cuptor cu fascicul de

electroni poate fi utilizat la topirea și rafinarea unui metal cu punct ridicat de topire.

Cum se face sudarea electrică a metalelor?

Sudarea rezistivă este utilizată pentru lipirea a două metale. În acest caz electrozii plasați pe ambele părți ale foliilor de lipit, sînt parcurși de un curent intens

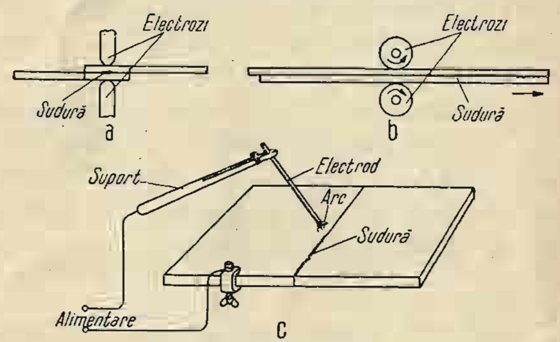


Fig. 40. Sudarea electrică:
a — sudare prin puncte; *b* — sudare în cusătură; *c* — sudare cu arc.

(fig. 40 (a)). Prin încălzire metalul se topește parțial, după care este lipit prin aplicarea unei presiuni mari. La deplasarea celor două folii, între electrozi se formează o cusătură.

Sudarea cu arc se bazează pe încălzirea metalului pe baza unui arc electric. Arcul se formează între placă, care constituie unul din electrozi, și celălalt electrod.

Ce este aliajul de lipit?

Aliajul de lipit (fludorul) este un amestec de cositor și plumb, cu adaosuri mici de antimoniu. Este utilizat la lipirea conductoarelor electrice. Avînd punctul de topire

mai scăzut decît conductoarele de lipit prin încălzire el se topește între ele, după care se solidifică la înlăturarea sursei de căldură. Înainte de efectuarea lipiturii se înlătură oxizii de pe metal.

În aderarea la metal cositorul joacă rolul esențial.

Cum este construită lampa cu filament?

O lampă cu filament (un bec electric), se bazează pe incandescența filamentului de tungsten, la trecerea curentului prin el. Eficiența filamentului crește dacă el este realizat sub forma unei duble spirale, așa cum este arătat în fig. 41. În interiorul balonului de sticlă este introdus un gaz inert, cum ar fi argonul sau azotul, care preîntîmpină distrugerea prematură a filamentului prin oxidare sau evaporare. Sticla poate fi incoloră sau tratată cu un praf alb pentru a realiza difuzia luminii.

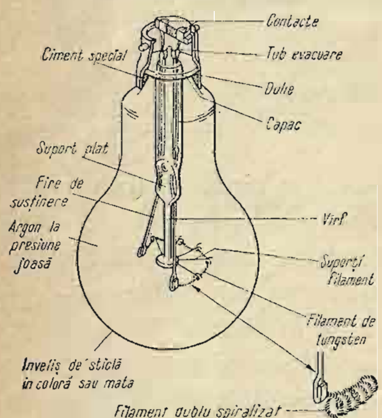


Fig. 41. Lampă cu filament incandescent.

Ce este soclul baionetă?

Soclul unor lămpi cu incandescență cu două sau trei nituri, care pătrund în șanțurile practicate în dulie. În mod normal, soclul are două borne de contact, izolate de rest. Soclul baionetă cu un contact central este utilizat la automobile.

Care este rezultatul descărcării electrice în gaze?

Dacă descărcarea se face într-un gaz pur, energia cedată atomilor gazului face ca aceștia să emită o radiație

care are lungimea de undă caracteristică gazului. Sodiul și mercurul, în stare de vapori, ca și neonul, emit radiații luminoase; sodiul produce o lumină galbenă intensă, mercurul una alb-albăstruie, iar neonul dă o lumină roșie puternică.

Cum este construit un tub cu descărcare?

Este un tub lung de sticlă, care conține gaz sau vapori. Pentru menținerea fluxului de electroni, între electrozi se aplică o tensiune înaltă, tubul numindu-se în acest caz cu catod rece. Tuburile cu vapori de mercur sau de sodiu lucrează calde, producînd suficientă căldură pentru evaporarea metalului. Tuburile cu vapori de mercur lucrează direct la tensiunea de 200—300 V, în timp ce tuburile cu vapori de sodiu necesită un transformator ridicător.

Cum funcționează un tub fluorescent?

Un tub fluorescent utilizează radiația ultravioletă a vaporilor de mercur pentru a stimula învelișul fluorescent din interiorul tubului. Presiunea vaporilor de mercur este redusă, pentru aprindere fiind adăugat argon. Calitatea luminii poate fi variată în funcție de învelișul fluorescent al tubului.

Ce dispozitive auxiliare necesită un tub fluorescent?

Pentru funcționarea tubului sînt necesare o bobină de șoc pentru limitarea curentului, un condensator pentru corectarea factorului de putere și un dispozitiv de pornire (starter). Starterul poate fi un întreruptor cu bimetal sau transformatorul de încălzire a filamentului.

Cum funcționează o lampă cu arc?

În general consistă din doi electrozi de cărbune între care este menținut un arc electric. Ea produce o lumină foarte intensă, fiind utilizată la reflectoarele și proiectoarele de filmare.

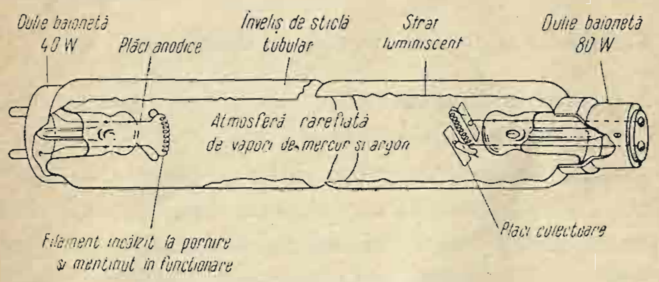


Fig. 42. Lampa fluorescentă.

Ce este lampa cu tungsten și halogen?

Lampa cu tungsten și halogen (sau cuarț-halogen) are filamentul de tungsten închis într-o incintă de cuarț în care se află un halogen (brom sau iod). Filamentul poate funcționa la temperaturi mult mai mari decît cele obișnuite, are o viață mai lungă și dă o strălucire mai mare. Într-o lampă obișnuită cu filament de tungsten sticla se înnegrește prin evaporarea acestuia. În lampa cu tungsten și halogen, însă, atomii halogenului se combină cu atomii de tungsten emiși de filament; se formează iodura de tungsten care fiind instabilă se redepune pe filament. Întrucît sticla nu rezistă la temperatura de 600°C, se utilizează pentru închiderea filamentului și halogenului respectiv, cuarțul.

Ce este electroluminescența?

Unele materiale, ca de exemplu fosforul, emit radiații vizibile atunci cînd sînt bombardate cu electroni rapizi

sau cu radiații electromagnetice. Emisia de lumină în cazul fosforului sau a sulfurii de zinc, sub acțiunea directă a cîmpului electric, se numește electroluminescență.

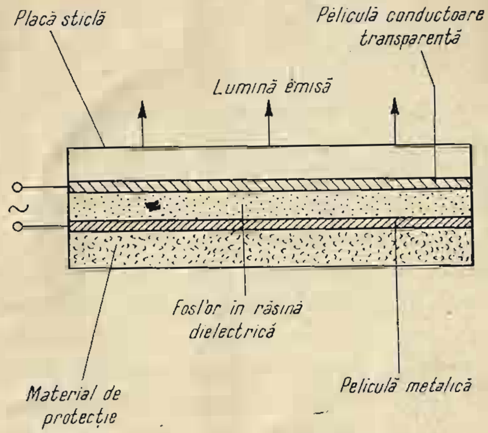


Fig. 43. Element electrolumeniscent.

În dispozitivele practice, fosforul sub formă de pudră cristalină dispersată în rășină izolatoare, este dispus, în strat subțire, între două suprafețe conductoare formînd un condensator. Una din suprafețe (electrod) este transparentă pentru a permite trecerea luminii de la fosfor către exterior. La anumite tipuri, se folosește drept suport o folie de sticlă cu una din suprafețe, metalizată. Celelalte straturi sînt așezate pe această suprafață așa cum este arătat în fig. 43, unde, pentru claritate dimensiunile au fost exagerate.

Motoare electrice

Care este regula mîinii stîngi (Fleming)?

Este regula care determină direcţia forţei exercitate asupra unui conductor parcurs de curent şi plasat într-un cîmp magnetic. Degetul mare, arătătorul şi degetul mijlociu ale mîinii stîngi, aranjate ca în fig. 44, corespund unui sistem triortogonal de axe. Dacă degetul arătător indică direcţia cîmpului, iar cel mijlociu direcţia curentului, degetul mare va arăta direcţia forţei exercitate de cîmp asupra conductorului. Dacă conductorul este liber să se deplaseze, cum se petrece într-un motor electric, degetul mare va indica direcţia deplasării.

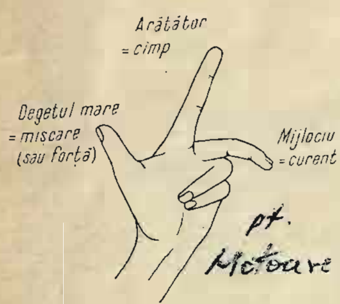


Fig. 44. Regula mîinii stîngi pentru determinarea sensului forţei.

Ce principii guvernează funcţionarea unui motor electric?

Un motor electric funcţionează invers decît generatorul (vezi cap. 3). Un conductor parcurs de curent are tendinţa să se deplaseze atunci cînd este plasat într-un cîmp magnetic; cu cît curentul este mai mare, cu atît forţa va fi mai mare. Dacă direcţia curentului sau direcţia cîmpului magnetic sînt inversate, atunci se va schimba şi direcţia forţei ce acţionează asupra conductorului şi mişcarea lui va fi în direcţie opusă. Dacă se schimbă în acelaşi timp curentul şi cîmpul, direcţia mişcării rămîne neschimbată. În situaţia în care conductorul are forma unei spire libere să se rotească între polii unui magnet, vom avea o situaţie analogă cu cea întîlnită la generator.

Cum funcţionează un motor de curent continuu?

Dacă o spiră, care se poate roti într-un cîmp magnetic, are capetele conectate la un colector cu două segmente, ca în fig. 45, situaţia este similară cu cea a dinamului prezentat în fig. 20. Pentru a determina mişcarea ei este necesară o sursă de c.c. aplicată pe cele două perii.

Cu spira în poziţia din fig. 45, curentul va trece de la colector prin braţul A. Regula, prezentată anterior, arată că asupra acestei porţiuni de conductor se va exercita o forţă îndreptată în jos. Întrucît curentul prin braţul B este dirijat în sens invers, forţa asupra lui va fi în sus. Spira va fi rotită pînă în poziţia verticală, cu conductorul B sus şi A, jos. În acest moment periile vor veni în contact cu celălalt segment al colectorului astfel încît curentul prin cele două braţe A şi B se va inversa; forţele vor da în continuare un cuplu orientat în acelaşi sens, astfel încît spira continuă să se rotească.

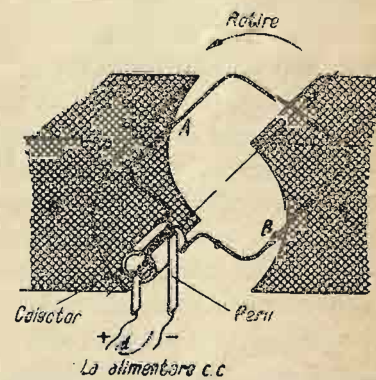


Fig. 45. Principiul motorului de c.c. cu o singură spiră şi colector cu două segmente.

Motorul practic are, desigur, mai multe spire conectate la un colector cu mai multe segmente. Spi-

rele sînt dispuse în crestături practicate pe rotorul confecționat din material feromagnetic (pentru a concentra cîmpul magnetic). Infășurările de excitație, bobinate pe piesele polare, (construite din tole) produc cîmpul magnetic necesar; ele pot forma mai multe perechi de poli, în care caz crește numărul de perii. Colectoarele sînt confecționate din cupru cu material izolator între segmente. Periile, de obicei, sînt din carbon, tratat uneori cu metal.

Ce este tensiunea contraelectromotoare?

Au fost arătate mai sus asemănările dintre motorul de c.c. și dinam. Datorită acestora, la învîrtirea rotorului, în spirele sale se induce o tensiune electrică, întrucît acestea taie liniile de cîmp magnetic. Tensiunea indusă este opusă tensiunii aplicate din exterior și se numește tensiune contraelectromotoare.

Care este relația dintre tensiunea contraelectromotoare și viteza motorului?

Cînd rotorul este imobil, tensiunea contraelectromotoare este nulă, curentul în înfășurarea rotorică fiind limitat numai de rezistența ei.

La creșterea vitezei de rotație, tensiunea contraelectromotoare crește la rîndul ei, pînă cînd la turația nominală se realizează un echilibru de funcționare. Diferența între tensiunea aplicată și tensiunea contraelectromotoare determină un curent rotoric suficient pentru funcționarea motorului. Dacă sarcina motorului crește este necesar un curent rotoric mai mare. Rotorul își micșorează turația astfel încît crește diferența între tensiunea aplicată și tensiunea contraelectromotoare. În cazul micșorării sarcinii, viteza de rotație crește, iar diferența între tensiunea aplicată și tensiunea contraelectromotoare scade.

Care sînt principalele tipuri de motoare de curent continuu?

Motoare cu excitație derivație
Motoare cu excitație serie
Motoare cu excitație mixtă

Această terminologie se referă la modul în care bobinele de excitație și înfășurarea rotorică sînt conectate între ele (vezi fig. 46). Modul de conexiune afectează

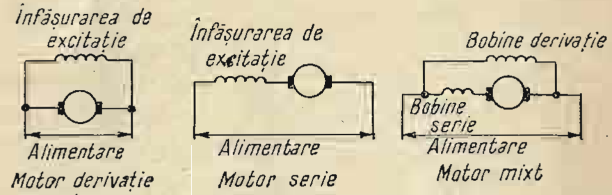


Fig. 46. Diferite moduri de excitație ale unui motor de c.c.

comportarea motorului în diverse condiții, anumite situații corespunzînd anumitor tipuri de motoare. Corespunzător fiecărui tip există o mare varietate de dimensiuni și puteri ale motoarelor.

Care sînt caracteristicile unui motor cu excitație derivație?

Motorul cu excitația derivație are bobinele de excitație în paralel cu înfășurarea rotorică. Rezistența rotorică este mică în comparație cu cea a înfășurărilor de excitație, astfel încît cea mai mare parte a curentului absorbit trece prin ea.

La pornire curentul prin rotor este foarte mare, tensiunea contraelectromotoare fiind nulă. Datorită curentului mic prin bobinele de excitație, cîmpul magnetic produs de acestea va fi slab și cuplul de pornire este redus.

În funcționare, intensitatea cîmpului și viteza de rotație depind de tensiunea de alimentare, fiind aproape independente de sarcină. În consecință motorul are o caracteristică de viteză aproape constantă (vezi fig. 47), corespunzătoare antrenării echipamentelor industriale care au variații mari de viteză la fluctuații ale sarcinii.

Rezistența de valoare mare a bobinelor de excitație se realizează prin dispunerea mai multor spire foarte subțiri pe piesele polare.

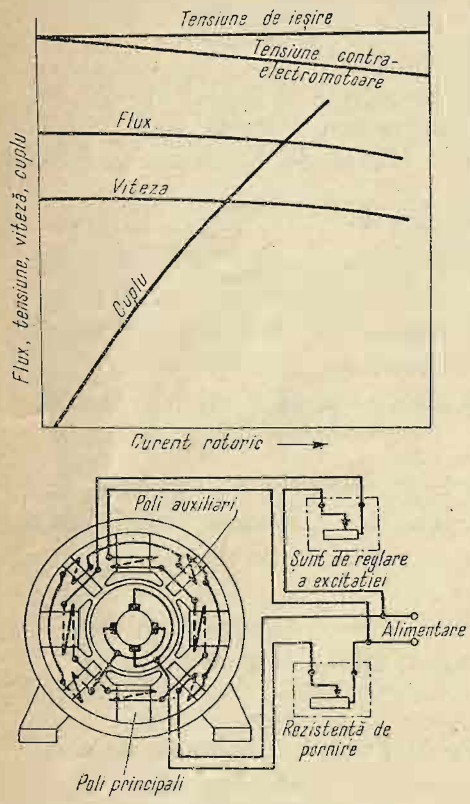


Fig. 47. Conexiunile înfășurărilor și ale regulatorului unui motor cu excitația în derivație; caracteristicile sale de sarcină.

Care sînt caracteristicile unui motor cu excitație serie?

Motorul cu excitație serie are bobinele de excitație înseriate cu înfășurarea rotorică, astfel încît ambele sînt străbătute de același curent.

Datorită absenței tensiunii contraelectromotoare, la pornire curentul rotoric va fi mare ceea ce determină un cuplu mare de pornire.

La creșterea vitezei, crește corespunzător și tensiunea contraelectromotoare, ceea ce determină micșorarea curentului și, deci, scăderea cuplului. O creștere a sarcinii produce o scădere a vitezei (fig. 48), care determină micșorarea tensiunii contraelectromotoare, creșterea curentului rotoric și mărirea cuplului. Deci motorul are o bună adaptabilitate la variația sarcinii. Datorită cuplului mare de pornire și ai posibilității de adaptare la sarcini variabile el corespunde aplicațiilor în care viteza nu este constatată, cum ar fi locomotivele electrice sau alte vehicule.

Înfășurările de excitație ale acestui motor au un număr mic de spire groase, ceea ce le asigură o rezistență mică.

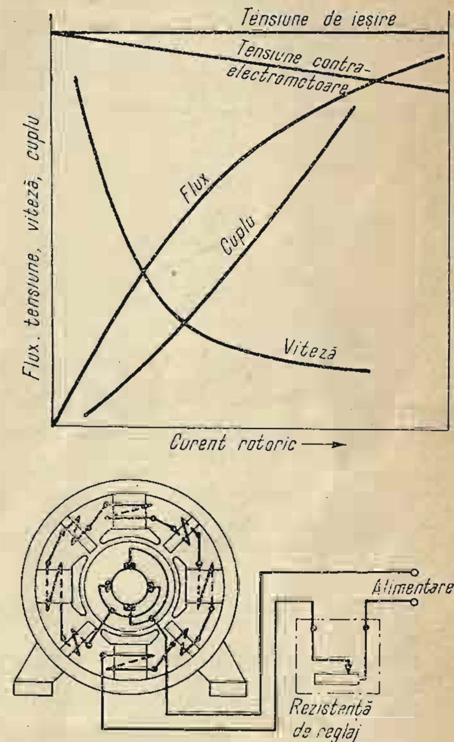


Fig. 48. Conexiunile înfășurărilor unui motor cu excitația în serie și caracteristicile lui.

Cum funcționează un motor cu excitație mixtă comparativ cu unul derivație sau serie?

Motorul cu excitație mixtă are amîndouă bobinele serie și paralel, înfășurate pe fiecare pol. Dacă cele două înfășurări sînt în același sens, motorul este cu *excitație*

adițională; în caz contrar el are excitație *mixtă diferențială*. Consecințele celor două tipuri de montare se relevă în caracteristica de viteză din fig. 49.

Motorul cu excitația mixtă are, în general, un cuplu de pornire mai mare decît motorul derivație și o caracteristică de viteză mai bună decît unul serie. Se remarcă faptul că motorul cu excitație adițională are o caracteristică similară cu cea a motorului serie. El dă un cupul bun de pornire, fără pierderea stabilității vitezei. Motorul cu excitație mixtă diferențială se comportă mai mult sau mai puțin ca un motor derivație, fiind mai puțin utilizat.

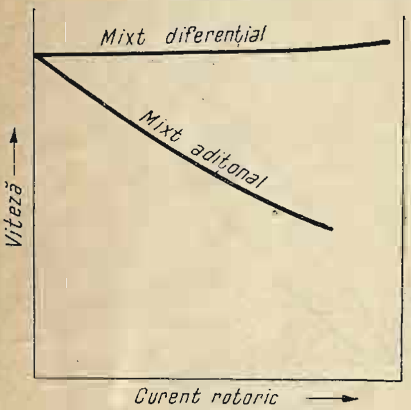


Fig. 49. Caracteristicile de sarcină ale celor două tipuri de motoare cu excitație mixtă.

Cum pornește un motor de curent continuu?

Am văzut că motorul de c.c. absoarbe un curent mare la pornire, înainte de a începe mișcarea rotorului și apariției tensiunii contraelectromotoare. Din acest motiv la motoarele de c.c., cu excepția motoarelor mici, se conectează un rezistor în serie cu tensiunea de alimentare pînă cînd motorul pornește.

Acest lucru poate fi făcut cu un dispozitiv manual de pornire, așa cum este arătat în fig. 50. Pentru pornirea motorului brațul de pornire este deplasat pe primul contact, astfel încît în circuit este conectată întreaga rezistență. Deplasîndu-l apoi treptat pe contactele succesive,

rezistența scade progresiv și viteza crește. La ultimul contact rezistența este scoasă din circuit și un electromagnet menține brațul în poziția finală.

Pentru oprirea motorului este deconectată alimentarea, iar electromagnetul eliberează brațul, care revine

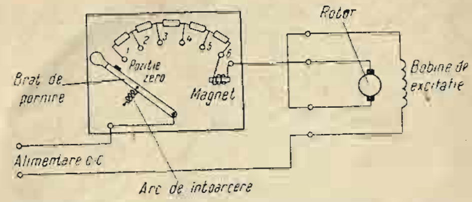


Fig. 50. Dispozitiv de pornire manual pentru motorul serie.

în poziția inițială prin intermediul unui resort. Electromagnetul acționează, deasemeni, ca un dispozitiv de siguranță, permițînd reîntoarcerea brațului pe poziția inițială la căderea tensiunii de alimentare.

Cum este reglată viteza unui motor de curent continuu?

Prin utilizarea unei rezistențe variabile, numită *reostat*. Acesta poate fi conectat în serie cu alimentarea, similar rezistenței de pornire. Totuși, spre deosebire de aceasta, prin el va trece curent tot timpul funcționării și trebuie să fie confecționat din spire groase. Alt mod este prin conectarea reostatului în circuitul de excitație, în care caz permite variația cîmpului magnetic. Un sistem eficient de reglare a vitezei este montajul Ward Leonard.

Ce este montajul de reglare Ward Leonard?

Este un sistem de reglare al vitezei ce poate fi utilizat la motoare de putere mare, care necesită un reglaj

sensibil în limite largi. O formă simplificată a circuitului folosit este prezentată în fig. 51.

Un motor cu viteza constantă antrenează un generator cu excitație independentă, care alimentează un motor cu excitație independentă. Viteza este modificată prin varia-

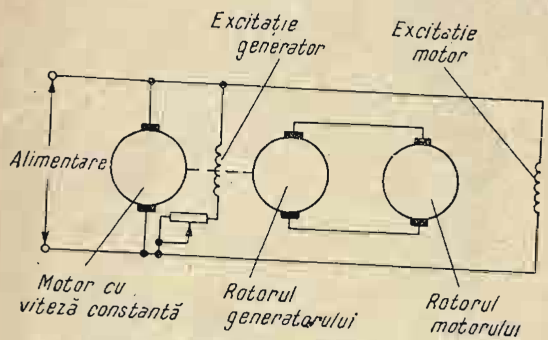


Fig. 51. Regulator Ward Leonard.

ția cîmpului de excitație al generatorului, care schimbă tensiunea de alimentare la bornele motorului. Direcția de rotație se schimbă prin inversarea curentului în bobinele de excitație ale generatorului. Sensul de rotație al rotorului generatorului nu este inversabil.

Dispozitivul de reglare Ward Leonard are următoarele avantaje: economie de putere, cuplu bun la toate sarcinile și vitezele și absența unor rezistoare străbătute de curenți foarte intenși.

Care sînt principalele tipuri de motoare de curent alternativ?

Motoare asincrone
Motoare sincrone
Motoare de curent alternativ cu colector

Motoarele de c.a. pot fi clasificate după modul în care ele utilizează energia de alimentare pentru producerea

cuplului (conducție sau inducție). Toate motoarele de c.c. utilizează curentul de conducție în timp ce unele motoare de c.a. utilizează curentul obținut prin inducție electromagnetică. Motoarele de c.a. pot fi trifazate sau monofazate.

Ce este un motor asincron?

Într-un motor asincron curentul înfășurării statorice produce un cîmp magnetic învîrtitor, care induce curenți în înfășurările rotorice, astfel încît între rotor și stator apare un cuplu de rotație. Acest tip de motor este cel mai economic și sigur motor de acționare, în cazul în care este necesară o viteză aproximativ constantă.

Motoarele de mică putere (fracțiuni de CP) sînt în mod obișnuit monofazate, fiind utilizate în scopuri casnice, unde alimentarea este monofazată. Totuși cea mai mare parte a motoarelor de putere mai mare de 3/4 CP (560 W) sînt trifazate, avînd un preț relativ scăzut.

Cum funcționează motorul asincron trifazat?

Înfășurările statorice sînt astfel dispuse încît cîmpul magnetic rezultant se deplasează cu o viteză constantă în jurul polilor magnetici. Efectul celor trei înfășurări trifazate este rotația completă cu 360° a cîmpului la fiecare perioadă a curentului, adică 50 de rotații pe secundă (pentru motorul cu doi poli pe fază). La motorul cu patru poli pe fază, cîmpul se rotește de 25 de ori pe secundă. De fapt înfășurările statorice sînt similare cu acelea ale alternatorului. Într-un alternator trifazat tensiunile sînt generate prin rotația cîmpului magnetic. Atunci cînd sistemul de tensiuni trifazate este aplicat înfășurărilor statorice ale motorului asincron, este produs un cîmp magnetic învîrtitor similar aceluia din alternator.

Există două variante constructive ale rotorului. Cea mai simplă are rotorul în *colivie de veveriță*, în care caz în crestăturile rotorice sînt plasate bare de aluminiu sau cupru sudate la capete pe două inele. Construcția seamănă cu o colivie (vezi fig. 52). Aceste conductoare formează o

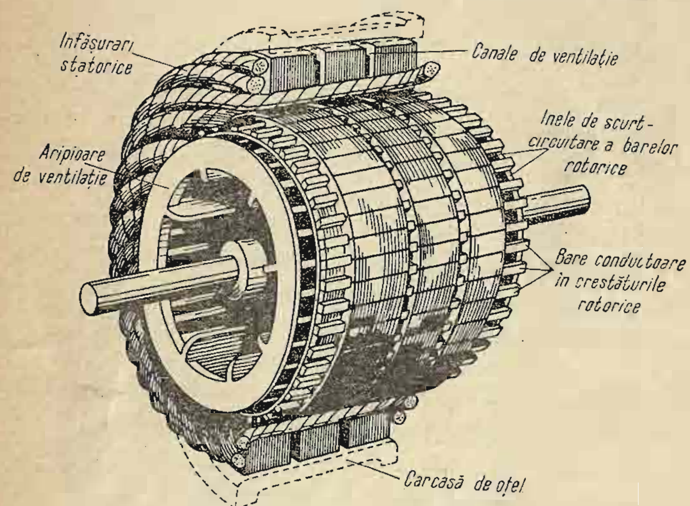


Fig. 52. Motor asincron cu rotorul în colivie de veveriță.

serie de bucle (spire) în scurtcircuit. Cealaltă variantă constructivă are trei înfășurări de fază plasate în crestături pe rotor și conectate la trei *inele* pe axul acestuia. Inelele permit conectarea în circuitul rotoric a unor rezistențe exterioare variabile, în timpul pornirii, care sînt scurtcircuitate cînd rotorul a atins turația nominală. Scopul lor este de a reduce curenții intenși de pornire și de a mări cuplul relativ redus de pornire al motorului asincron.

De fapt, motorul se învîrtește cu o viteză mai mică decît cea a cîmpului învîrtitor, o mișcare relativă între cîmpul statoric și rotor fiind necesară pentru producerea

cuplului. Diferența de viteze se numește *alunecare* și este de aproximativ 2% la un motor mare. Creșterea sarcinii produce o creștere a alunecării și o micșorare a vitezei.

Cum funcționează motorul asincron monofazat?

Pentru producerea cîmpului învîrtitor, la motorul monofazat este necesară adăugarea unei înfășurări auxiliare, deplasată față de înfășurarea principală astfel încît se produce o pereche de cîmpuri magnetice alternative. Dacă între cele două cîmpuri există un defazaj, astfel încît ele să atingă valori maxime la momente diferite, cîmpul rezultant va fi învîrtitor.

În funcție de modul de producere al defazajului, motorul poate fi *cu fază auxiliară și condensator* sau *cu poli ecranați.*

Care este principiul de funcționare a unui motor cu înfășurare auxiliară și condensator?

Bobinele înfășurării auxiliare sînt plasate între bobinele principale ale statorului, la mijlocul lor. Rezistența lor este mult mai mare decît a celor principale, astfel încît unghiul de defazaj al curenților este de aproximativ 20°. Acest defazaj nu produce un cuplu de pornire.

Unghiul de defazaj poate fi mărit la 80° prin înserierea unui condensator pe faza auxiliară, în care caz se produce cuplul necesar pornirii.

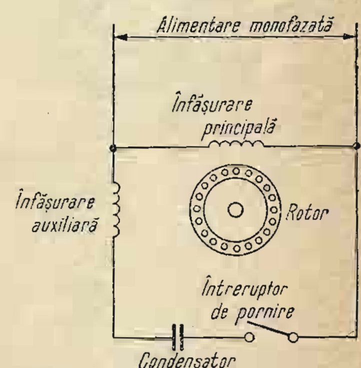


Fig. 53. Motor cu fază auxiliară și condensator de pornire.

Montajul cu fază auxiliară și condensator este prezen-

tat în fig. 53. La închiderea întreruptorului sînt conectate în circuit faza auxiliară și condensatorul. Cînd motorul începe să funcționeze, întreruptorul este deschis manual sau automat.

Care este principiul motorului cu poli ecranați?

Un motor cu poli ecranați este arătat în fig. 54. Pe o porțiune a piesei polare este practicată o înfășurare în scurtcircuit realizată dintr-un inel de cupru. Cîmpul magnetic produs de înfășurarea de ecranare este defazat în urma cîmpului principal. El are valoare mică, dar suficient pentru a determina cuplul de pornire. Construcția prezentată este utilizată de obicei la mașinile mici de inducție.

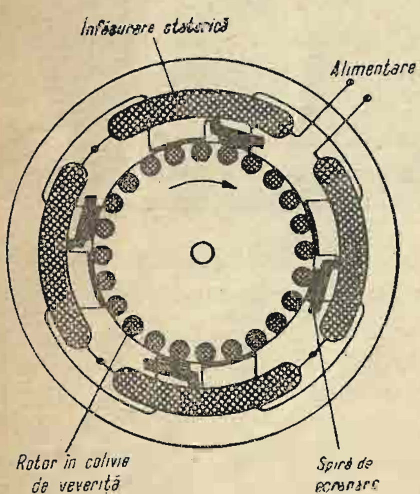


Fig. 54. Motor cu poli ecranați.

Ce este un motor sincron?

Este un motor cu viteză de rotație constantă, aceasta depinzînd de frecvența tensiunii alternative de alimentare și de numărul perechilor de poli.

Motoarele sincrone mici sînt utilizate la diverse aplicații, cum ar fi de exemplu acționarea ceasurilor electrice, viteza lor de rotație fiind suficient de stabilă la frecvența industrială de 50 Hz. Motoare ceva mai mari se utilizează la mecanismele de precizie, de exemplu la magnetofoane sau pickup-uri.

Motoarele sincrone pot fi, de asemenea, folosite la îmbunătățirea factorului de putere al întreprinderilor industriale.

Cum funcționează motorul sincron?

Rotorul unui motor sincron este construit ca un electromagnet și este alimentat în curent c.c. prin inele, așa cum este arătat în fig. 55 (motoarele de putere mică pot avea magneți permanenți, eliminîndu-se în acest fel sursa de c.c.). În stator este creat un cîmp magnetic învîrtitor și atunci cînd rotorul este adus la aceeași viteză de rotație el va fi rotit odată cu cîmpul.

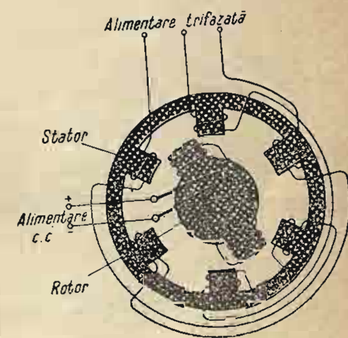


Fig. 55. Motor sincron trifazat.

În cazul motorului sincron nu există alunecare, ca la motorul de inducție, iar viteza rotorului rămîne constantă la diferite sarcini. Pentru aducerea rotorului la viteza de lucru, se folosește un motor separat sau o înfășurare suplimentară pe rotor, capabilă să realizeze pornirea ca la un motor asincron. Motoarele casnice mici pot fi aduse la turația de sincronism prin simpla învîrtire a unui mîner de pornire.

Motoarele sincrone de tensiune joasă, cu pornire în asincron, sînt în mod frecvent de construcție inversă, avînd înfășurările de fază pe rotor, iar înfășurările „rotorice" pe stator. Această variantă realizează o bună staționaritate a vitezei și evită complicațiile unei alimentări prin inele și perii.

Ce este un motor de curent alternativ cu colector?

Este motorul la care o tensiune alternativă exterioară de o frecvență convenabilă este aplicată rotorului, prin intermediul căreia poate fi variată viteza mașinii, fără a reduce eficiența sa. Un motor trifazat cu colector poate fi un motor de inducție cuplat mecanic cu un convertizor de frecvență, de la colectorul căruia se obține tensiunea suplimentară la aceiași frecvență cu a rotorului motorului de inducție.

Aplicarea unei tensiuni electromotoare adiționale pe rotor, în direcție opusă tensiunii induse de cîmpul învîrtitor, determină micșorarea turației pînă cînd alunecarea este suficientă ca aceiași tensiune să fie indusă. O tensiune electromotoare adițională, în același sens, determină creșterea vitezei în aceiași măsură. La fiecare viteză de lucru motorul se comportă ca un motor de inducție.

Tensiunea de alimentare la un motor cu colector poate fi aplicată fie pe rotor, fie pe stator.

Ce este motorul universal?

Este un motor cu colector destinat să lucreze în c.c. sau c.a. monofazat. În mod normal el are un circuit identic cu motorul de c.c. cu excitație serie, construcția sa fiind aceeași, cu excepția că atît rotorul cît și statorul sînt confecționate din tole.

Ce este comutatorul stea-triunghi?

Este un dispozitiv pentru reducerea curentului de pornire al motorului de inducție cu rotorul în colivie, fiind utilizat de obicei la mașinile de putere mai mică de 50 CP (37 kW).

La pornirea motorului, înfășurările statorice sînt conectate în stea (vezi fig. 56). Cînd motorul a atins viteza nominală, conexiunile sînt schimbate în triunghi. În acest fel curentul și cuplul de pornire reprezintă numai o treime din valorile lor nominale.

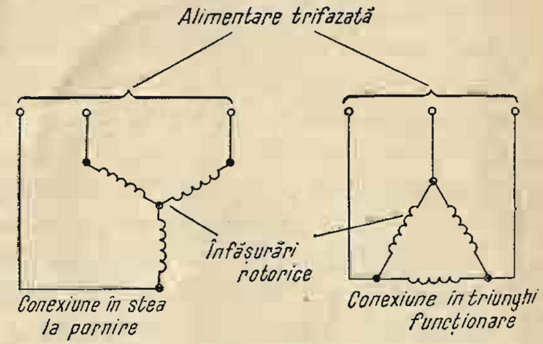


Fig. 56. Comutator stea-triunghi.

Poate fi variată viteza motoarelor de curent alternativ?

Da. Deși viteza motoarelor de c.a. este determinată de frecvența rețelei de alimentare, ea poate fi variată.

Un motor cu rotor în colivie poate fi proiectat pentru diferite viteze prin schimbarea numărului de poli. Viteza unui motor cu rotor bobinat poate fi variată prin introducerea unei rezistențe în înfășurarea rotorică, ceea ce nu reprezintă o metodă eficientă. Din acest motiv cînd dorim variația în limite largi a vitezei se folosește motorul de c.a. cu colector, care realizează acest lucru prin alimentarea rotorului cu o tensiune variabilă. Se poate obține, deasemeni, un regulator de viteză prin combinarea unui motor de inducție cu o mașină de c.a. cu colector.

Cum sînt frînate motoarele electrice?

Frînarea, atunci cînd este necesară, poate fi făcută mecanic, cu un tambur sau disc de frînare, sau electric, utilizînd puterea proprie a motorului.

Frînarea electrică poate fi: frînare *recuperativă*, frînare *prin curent invers* și frînare *dinamică*. Frînarea recuperativă utilizează proprietatea majorității motoarelor de a genera atunci cînd ele se rotesc mai repede decît în cazul funcționării în gol. Cum generarea de energie necesită cheltuială de energie, rezultă o acțiune de frînare care crește cu viteza. Frînarea prin curent invers implică inversarea conexiunilor de alimentare în scopul inversării sensului cuplului, alimentarea fiind întreruptă automat la oprirea motorului. În cazul frînării dinamice, motorul este deconectat de la rețeaua de c.a. și pe el este aplicată o tensiune continuă, care produce un cîmp magnetic constant. Acesta induce în înfășurarea care se rotește o tensiune electromotoare care disipă energie și frînează mașina. Un efect similar se obține la motorul asincron, prin conectarea unui condensator la bornele sale.

Ce este un motor liniar?

Motorul liniar este realizat pe principiul motorului asincron, în care mișcarea de rotație devine liniară. El poate fi imaginat ca avînd un stator circular trifazat, tăiat și apoi întins și un inductor care se deplasează liniar.

Aplicațiile posibile ale motoarelor liniare: războaie de țesut (unde este necesară realizarea unei mișcări oscilatorii liniare), poduri rulante transportoare (unde rotorul formează banda transportoare) și transportul feroviar (unde șinele formează statorul).

Electroliza

Ce sînt ionii?

Ionii sînt acei atomi care au o lipsă sau un exces de electroni. Dacă atomii au mai mulți electroni, decît este normal (vezi cap. 1) atunci ei se numesc ioni negativi (sau *anioni*); dacă ei posedă mai puțini electroni decît în stare neutră, ei sînt ioni pozitivi (sau *cationi*).

Ioni există într-o oarecare măsură în mod natural, dar ei pot fi generați cînd un cîmp electric este stabilit în material. De fapt, trecerea curentului se datorește atît mișcării ionilor, cît și a electronilor.

Ce este un electrolit?

Un electrolit este o substanță, de obicei lichidă, conductoare de electricitate datorită prezenței unui număr mare de ioni în interiorul ei. Exemple de electroliți: soluții în apă ale acizilor, bazelor și sărurilor. Multe săruri topite sînt, de asemenea, electroliți. Dintre substanțele care disociază aproape complet în ioni, la dizolvarea în apă, se remarcă acidul azotic și hidroxidul de sodiu (electroliți *tari*). În general o sare (de exemplu clorura de potasiu) obținută prin neutralizarea unui acid puternic este un electrolit tare.

Ce se petrece într-o baie electrolitică?

O baie electrolitică are doi electrozi, conectați la borna pozitivă și negativă a unei baterii, introduși într-o soluție

electrolitică. Un electrolit în soluție disociază în anioni și cationi, astfel numiți pentru că anionii, sau ionii negativi, migrează spre electrodul pozitiv numit *anod*, iar cationii, sau ionii pozitivi, spre electrodul negativ numit *catod*. La electrozi, ionii pot fi neutralizați și evacuați, sau pot lua parte la reacții chimice formînd noi compuși. Acest proces de schimbări chimice, datorită energiei chimice, are diverse aplicații, cum sînt galvanostegia și rafinarea electrolitică.

Procesul invers are loc la descărcarea unei baterii sau a unui element voltaic. În acest caz reacțiile chimice au loc la suprafața electrozilor, schimbările chimice determinînd curentul electric ce poate circula în circuitul exterior. Anionii circulă acum spre electrodul negativ, iar cationii spre cel pozitiv (fig. 2).

Ce este galvanostegia?

Acoperirea metalelor cu straturi de metal (de exemplu: nichel, crom, alamă, zinc, argint, cupru sau cadmiu). Nichelul poate fi depus din soluția unei sări simple, în timp ce cromul, argintul sau cuprul se află în săruri complexe. Cromul este obținut în general dintr-o soluție de acid cromic, argintul, din cianură de potasiu și cianură de argint în care se formează ionul negativ complex $Ag(CN)_2$.

Dacă una din aceste soluții este utilizată ca electrolit, iar obiectul de acoperit este montat drept catod, trecerea curentului electric prin electrolit va pune în libertate ionii pozitivi ai metalului, care vor fi atrași de catodul negativ. Ei se depun pe catod și se neutralizează. De asemenea, ei pot determina reacții chimice, în timp ce ionii negativi ai radicalilor sînt dirijați spre anod.

Masa w a elementului (sau radicalului) depus pe electrozi depinde de cantitatea de electricitate care trece prin electrolit:

$$w = Itz,$$

unde: I este curentul;
t — timpul de trecere a curentului;
z — echivalentul electrochimic al elementului.

Ce este echivalentul electrochimic?

Echivalentul electrochimic al unei substanțe este masa depusă la trecerea unei sarcini de un coulomb. El este proporțional cu raportul între greutatea sa atomică și valență. Prin valența unui atom este caracterizată capacitatea sa de a se combina cu alți atomi și este legată de numărul de electroni (sau goluri) de pe ultimul strat electronic. În tabelul 3 sînt dați echivalenții electrochimici (în miligrame pe coulomb) pentru cîteva elemente, în ordinea greutății lor atomice.

Ce este eloxarea?

Acoperirea pe cale artificială cu o peliculă de hidroxid a suprafețelor de aluminiu sau aliajelor de aluminiu. Partea de acoperit (de eloxat) va constitui anodul băii electrolitice, care conține acid sulfuric sau cromic, ca electrolit.

Ce alte aplicații are electroliza?

Topirea electrolitică. Minereurile de cupru, zinc și cadmiu tratate cu acid sulfuric pot forma o baie electrolitică. La aplicarea unei tensiuni, relativ joase, pe electrozi, la catod se depune cupru (sau celelalte metale), iar la anod se va forma oxigen.

Tabelul 3

Echivalenți electrochimici

Elementul	Valența	Echivalentul electrochimic	Element	Valență	Echivalent electrochimic
Hidrogen	1	0,01045	Seleniu	4	0,20456
Litiu	1	0,07192	Brom	1	0,82815
Beriliu	2	0,04674	Stronțiu	2	0,45404
Oxigen	2	0,08290	Paladiu	4	0,27642
Flour	1	0,19689	Argint	1	1,11793
Sodiu	1	0,23831	Cadmiu	2	0,58244
Aluminiu	3	0,09316	Cositor	2	0,61503
Siliciu	4	0,07269	Antimoniu	3	0,42059
Clor	1	0,36793	Iod	1	1,31523
Potasiu	1	0,40514	Cesiu	1	1,37731
Titaniu	4	0,12409	Bariu	2	0,71171
Vanadiu	5	0,10560	Tantal	5	0,37488
Crom	3	0,17965	Tungsten	6	0,31765
Mangan	2	0,28461	Platina	4	0,50578
Fier	1	0,57865	Aur	1	2,04352
Nichel	2	0,30409	Mercur	1	2,07886
Cupru	1	0,65876	Plumb	2	1,07363
Zinc	2	0,33876	Thoriu	4	0,60135

Rafinarea electrolitică poate fi utilizată în cazul cuprului, nichelului, cositorului, argintului etc. produse prin topire normală sau electrolitică. Metalul impur este utilizat ca anod, care în timp ce se dizolvă se depozitează pe catod, lăsînd impuritățile să cadă pe fundul băii electrolitice.

Ce este un element primar?

Elementul primar este format dintr-o baie electrolitică în care sînt introduși doi electrozi din materiale conductoare diferite care generează o tensiune electromotoare de natură electrochimică între electrozi. Cînd terminalele electrozilor sînt unite printr-o rezistență sau altă sarcină, va apare un curent electric, iar în interiorul elementului au loc procese chimice ireversibile. Tensiunea electromotoare obținută la bornele unui element primar este cuprinsă între 1 și 2 volți. Elementele pot fi *umede* sau *uscate*, în funcție de natura lichidă sau păstoasă a electrolitului.

Ce este elementul Daniell?

Elementul Daniell (fig. 57) este cel mai simplu element primar și unul dintre cele mai vechi. Electrozii săi de cupru și zinc sînt introduși într-un electrolit de acid sulfuric diluat. În aceste condiții, ionii pozitivi migrează spre zinc, care este negativ, iar hidrogenul, care rezultă din descompunerea (H_2SO_4), se adună în zona electrodului pozitiv de cupru. Prezența hidrogenului determină o tensiune contra-electromotoare, care micșorează tensiunea la bornele elementului. Acest fenomen se numește *palarizarea* electrozilor. El poate fi diminuat prin înlocuirea acidului sulfuric în jurul electrodului de cupru. Viața electrodului de zinc poate fi prelungită prin înconjurarea sa cu sulfat de zinc. Cele două soluții de sulfat sînt separate printr-un perete poros, care face ca rezistența electrică a elementului să crească.

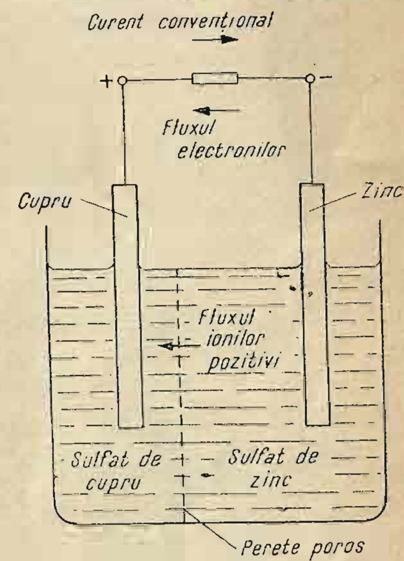


Fig. 57. Principiul elementului Daniell.

Cum este construit elementul Leclanché?

Elementul inventat de Georges Leclanché a devenit bateria modernă. Elementele Leclanché pot fi umede sau uscate. La ambele tipuri, electrodul negativ este de zinc, iar cel pozitiv din carbon. Elementul umed are ca electrolit o soluție de clorură de amoniu în apă și clorură de zinc. Bioxidul de mangan este utilizat ca depolarizant pentru a absorbi hidrogenul care altfel s-ar forma în jurul anodului. În circuit deschis elementul are o tensiune electromotoare de 1,5 V. Elementul umed a fost înlocuit, pe scară largă, cu elementul uscat.

Prin ce diferă elementul Leclanché uscat de cel umed?

În cazul elementului uscat electrolitul este o pastă groasă sau jeleu de amidon, ceea ce face ca elementul să lucreze în orice poziție. Elementele Leclanché uscate de formă cilindrică sînt utilizate de obicei, la bateriile de lanternă.

Cele cinci părți principale ale elementului (fig. 58) sînt: terminalul pozitiv central, elementul depolarizant, un strat subțire de pastă electrolitică, electrodul de zinc și dispozitivul de acoperire, care de obicei este un disc de carbon acoperit cu smoală.

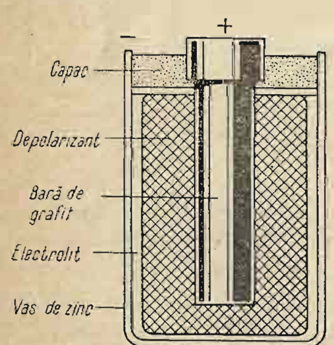


Fig. 58. Elementul Leclanché uscat.

Ce alte elemente primare mai există?

Putem enumera trei elemente alcaline fiecare utilizînd zincul ca electrod negativ. Ele sînt: elementul cu oxid de cupru și zinc, avînd ca depolarizant, oxidul de cupru, și soluție electrolitică, hidroxidul de sodiu (soda caustică); elementul cu oxid de argint și zinc, avînd electrolit, hidroxidul de potasiu (potasa caustică); elementul cu oxid de mercur și zinc, avînd și o mică cantitate de hidroxid de potasiu. Ultimul este utilizat ca baterie pentru alimentarea aparatelor de auzit. Ele trebuiesc montate cu atenție, mercurul fiind toxic.

Elementele activate de apă sînt inițial în stare uscată; pentru punere în funcțiune se introduc în apă dulce sau sărată, în scopul activării lor. Ele sînt: elementul cu clorură de argint, magneziu și apă de mare, elementul cu clorură de cupru și magneziu și elementul cu bioxid de plumb și magneziu.

Elementele primare cu electroliți acizi, servesc unor scopuri speciale. În unele dintre ele se utilizează bioxidul de plumb ca electrod pozitiv, zinc sau cadmiu, ca electrod negativ, iar acidul sulfuric ca electrolit.

Ce este elementul Weston?

Este un element primar utilizat ca element etalon la măsurarea tensiunilor electromotoare. El are electrodul pozitiv din mercur-sulfat de mercur, iar cel negativ din amalgam de cadmiu, cu un electrolit de sulfat

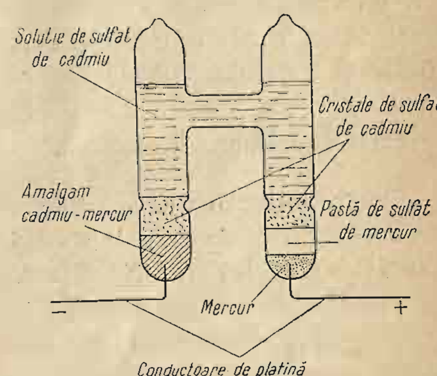


Fig. 59. Elementul etalon de tip Weston.

de cadmiu. Elementul depolarizant este sulfatul de mercur. Elementul Weston este asamblat într-un vas închis în formă de H (fig. 59), cu conexiuni din platină.

Într-un element Weston, avînd soluția saturată, tensiunea electromotoare este 1,0183 V la 20°C. Se poate determina destul de precis variația tensiunii electromotoare cu temperatura.

Ce este un acumulator?

Acumulatorul este un dispozitiv care primește, păstrează și cedează energia prin transformări chimice. În timp ce într-un element primar sau baterie (mai multe elemente legate între ele) procesele sînt ireversibile, energia pierdută de acumulator, prin descărcare, se regenerează la încărcarea lui. Acest proces se repetă de cîteva sute de ori pînă la scoaterea acumulatorului din funcțiune.

Un element de acumulator are doi electrozi (sau plăci) introduse în electrolitic, întregul ansamblu fiind plasat într-un vas. În practică se utilizează plăci multiple. Acumulatorii cel mai des întâlniți sînt: acumulatorul cu plumb și acid și acumulatorul alcalin.

Cum funcționează acumulatorul cu plumb?

Electrodul pozitiv al acestuia este din bioxid de plumb, iar cel negativ din plumb spongios pur. Drept electrolit este folosit acidul sulfuric diluat. În fig. 60 este prezentat un acumulator cu plumb folosit la automobile.

În timpul descărcării, bioxidul de plumb se reduce parțial, iar plumbul spongios se oxidează. Ambele produse se combină cu acidul sulfuric și produc apă și sulfat de plumb. Sînt eliberați, în acest fel, ioni pozitivi de

hidrogen și ioni negativi de sulfat. Sulfatul de plumb este practic insolubil în electrolit și determină reversibilitatea procesului.

Cînd o tensiune continuă este conectată pe electrozi (plus la electrodul pozitiv, minus la cel negativ), pentru reîncărcare, ionii hidrogen migrează spre plăcile negative, iar cei de sulfat, spre cele pozitive. Se formează în acest

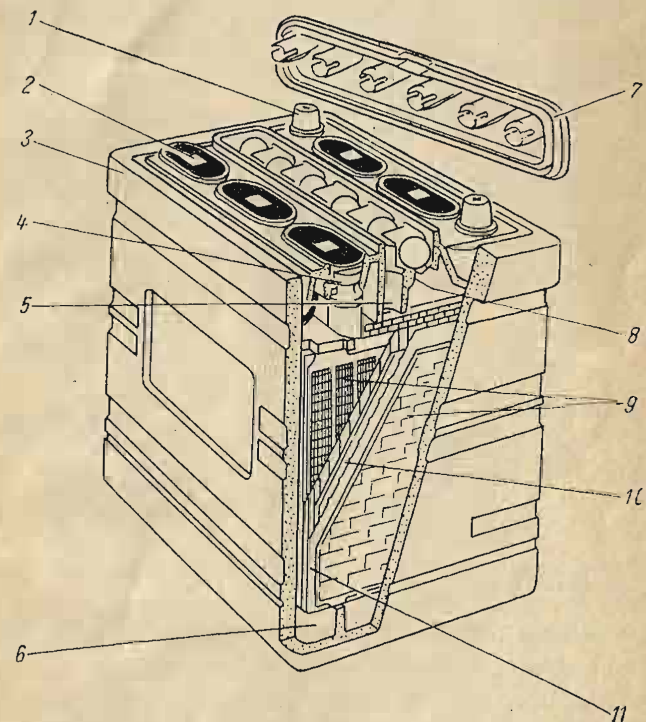


Fig. 60. Secțiune prin acumulatorul cu plumb folosit la automobile:

1 — borne; 2 — punți între elemente, din aliaj de plumb și antimoniu (ele permit testarea individuală a elementelor); 3 — cutie din bachelită; 4 — garnitură de cauciuc; 5 — nivelul acidului la umplere completă; 6 — spațiu de sedimentare; 7 — capac; 8 — valve sferice de control; 9 — plăci negative (placa din spate reprezintă grătarul din aliaj de plumb și antimoniu, în stare nouă); 10 — placă pozitivă; 11 — separator din material plastic, de porozitate mare și rezistență electrică mică.

fel plumbul spongios, pe placa negativă și bioxidul de plumb pe placa pozitivă.

Întregul ciclu este ilustrat în fig. 61. În 61 (a) este prezentat acumulatorul cu plăcile încărcate; în (b) acidul se combină cu bioxidul de plumb și plumbul spongios și produce sulfat de plumb la ambele plăci; în (c) plăcile sînt înconjurate de sulfat de plumb; în (d) curentul de încărcare desulfatează plăcile, eliberînd acidul sulfuric, care trece în electrolit și regenerînd bioxidul de plumb și plumbul spongios al electrozilor.

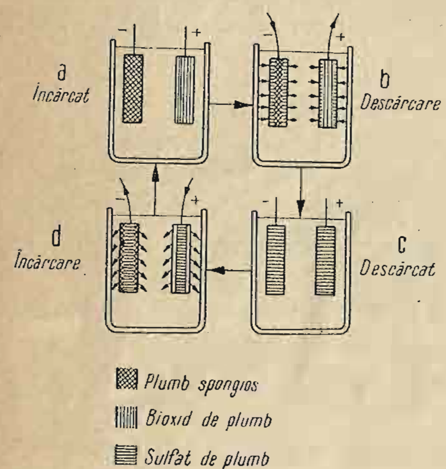


Fig. 61. Ciclul de încărcare și descărcare al unui acumulator cu plumb (este indicat sensul convențional al curentului).

Tensiunea nominală a unui element de acumulator cu plumb este 2 V.

Cum funcționează un acumulator alcalin?

Există două tipuri distincte de elemente alcaline, amîndouă avînd drept electrolit hidroxidul de potasiu diluat și electrodul pozitiv din nichel. La unul din ele electrodul negativ este din fier, iar celălalt din cadmiu. Ambele tipuri sînt încasetate în cutii metalice, tensiunea electromotoare produsă fiind aproximativ 1,2 V.

Reacțiile chimice care au loc în elementele alcaline sînt destul de complexe, prin descărcare rezultînd hidroxidul de nichel și hidroxidul de fier (sau cadmiu).

Care este tensiunea electromotoare totală a elementelor legate în serie sau paralel?

Tensiunea electromotoare E a unei baterii formată din mai multe elemente legate în serie este

$$E = e_1 + e_2 + e_3 + \dots$$

unde e_1, e_2, e_3 sînt tensiunile electromotoare ale elementelor componente. O baterie de 6 V a unui automobil este formată din trei elemente a cîte 2 V; o baterie de 12 V are șase elemente de cîte 2 V legate în serie.

Tensiunea electromotoare a unei baterii formată din mai multe elemente identice legate în paralel este egală cu cea a unui singur element. O astfel de baterie poate să furnizeze un curent mai mare decît cel dat de un singur element.

Ce se înțelege prin capacitatea unei baterii?

Este produsul între timpul de descărcare completă a bateriei și curentul de descărcare. El se măsoară de obicei în amper-ore. Capacitatea bateriei variază cu viteza de descărcare, astfel încît timpul de descărcare trebuie specificat. De exemplu o baterie care se descarcă la 10 A în 10 ore are capacitatea de 100 amper-oră la un timp de 10 ore. La 5 A ea se poate descărca în 20 de ore, în care caz capacitatea ei ar fi 100 amper-ore, pentru 20 de ore. Capacitatea bateriilor de autovehicol este dată de obicei la 10 sau 20 ore.

Cum trebuie încărcată o baterie?

Sarcina normală este aproximativ o zecime din capacitatea bateriei, considerată la 10 ore de descărcare.

Curentul de încărcare, în amperi, este dat de relația

$$I = \frac{E-e}{R+r},$$

unde: E este tensiunea de încărcare, în volți;

e — tensiunea contraelectromotoare a bateriei, în volți;

R — rezistența circuitului, în ohmi;

r — rezistența internă a bateriei, în ohmi.

Tensiunea este de aproximativ 2,7 V pe element, cînd el este încărcat.

Ce este pila de combustie?

Este un dispozitiv în care energia electrică este generată direct prin reacții chimice ireversibile. Pila Bacon,

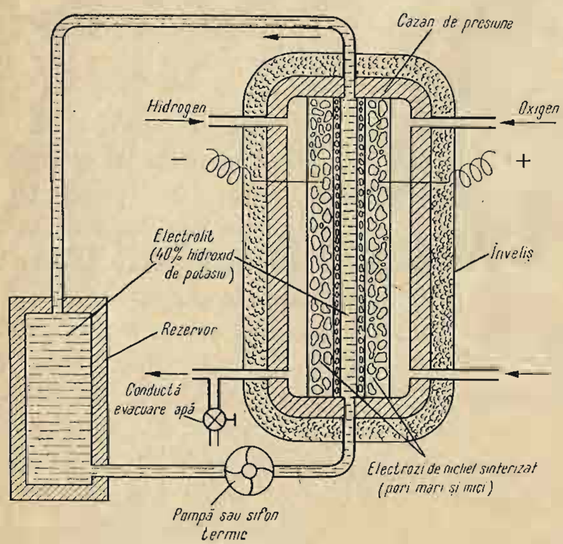


Fig. 62. Pilă de combustie hidrogen-oxigen.

una dintre primele realizate, este prezentată în fig. 62. Ea are doi electrozi într-o soluție de hidroxid de potasiu. Combustibilul cuprinde hidrogen și oxigen, care, în combinație, generează căldură și electricitate cu un randament de 80%. Pila lucrează la temperatura de 200°C și la presiunea de 4 000 kN/m².

Moleculele de oxigen, prin combinare cu apa, formează ioni negativi de hidroxil, care iau electroni de la electrodul de oxigen. Acești ioni hidroxilici migrează, prin electrolit, spre electrodul de hidrogen, unde se combină cu hidrogenul, formînd apa. În acest fel electrodul de hidrogen se încarcă negativ în raport cu electrodul de oxigen și apare un curent electric.

Alte elemente au drept combustibil cărbunele sau alcoolul.

Elementele care pot găsi aplicații în industria de automobile sînt bateriile primare cu zinc și aer, care pot fi reîncărcate prin simpla înlocuire a electrozilor de zinc cînd ei s-au consumat, devenind oxid de zinc.

Anexă

Tabelul 4

Factori de conversie

Forța (unitatea, N)	*Presiune* (unitatea, N/m²)
1 tf=9964,0 N	1 kgf/m²=9,80665 N/m²
1 kgf=9,80665 N	1 kgf/cm²=98066,5 N/m²
Cuplu (unitatea, Nm)	*Energia* (unitatea, J)
1 kgf·m=9,80665N·m	1 cal=4,1868 J
1 gf·cm=9,80665×10⁻⁵ Nm	1 Wh= 3600 J
Temperatură (unitatea, K)	*Putere* (unitatea, W)
O K=—273,15°C	1 CP=735,499 W
O°R=—459,67°F	
Corespondența temperaturilor	
$\Theta_c = 5/9\ (\Theta F - 32)$	

Tabelul 5

Unități ale sistemului *SI*

Mărimea fizică	Unitatea	
	Denumirea	Simbolul
Unități fundamentale		
Lungime	metru	m
Masă	kilogram	kg
Timp	secundă	s
Curent	amper	A
Temperatură	kelvin	K
Intensitate luminoasă	candela	cd
Cantitate de substanță	molul	mol
Unități derivate		
Forță	newton	$N=kg\ m/s^2$
Lucru mecanic, energie, cantitate de căldură	joule	$J=N\ m$
Putere	watt	$W=J/s$
Sarcină, flux electric	coulomb	$C=A\ s$
Densitate de flux electric (inducție electrică)	coulomb pe metru pătrat	C/m^2
Potențial electric	volt	$V=J/As$
Tensiune electromotoare	volt	$V=J/As$
Intensitatea cîmpului electric	volt pe metru	V/m
Capacitate	farad	$F=As/V$
Permitivitate (absolută)	farad pe metru	F/m
Flux magnetic	weber	$Wb=Vs$
Densitatea fluxului magnetic (inducția magnetică)	tesla	$T=Wb/m^2$
Forța magnetomotoare	amper (spiră)	$A,\ A\cdot sp$
Intensitatea cîmpului magnetic	amper (spiră) pe metru	$A/m,\ A\cdot sp/m$
Inductanță	henry	$H=Vs/A$
Rezistență	ohm	$\Omega=V/A$
Conductanță	siemens	$S=A/V$
Frecvență	hertz	$Hz=s^{-1}$
Flux luminos	lumen	$lm=cd\cdot sr$ *
Iluminare	lux	$lx=lm/m^2$
Luminanță	candelă pe metru pătrat	cd/m^2

* sr: simbolul steradianului; un steradian este unghiul solid la centrul unei sfere, care taie în sferă o suprafață egală cu pătratul razei.

Tabelul 6

Materiale izolatoare

Materialul	Temperatura maximă de lucru, °C	Rigiditate dielectrică kV/mm	Factorul de pierderi la 1 000 Hz	*Rezistivitatea de vol·Ω·cm
Azbest	400	2	—	10^5
Bachelită-hîrtie	100	15	0,03	10^{11}
Bachelită-turnată	130	6	0,03	10^6
Bitum pur	50	1,5	—	—
Bitum vulcanizat	100	5	—	10^{14}
Fibră celuloză	—	28	—	—
Bumbac uscat	95	0,5	—	—
Bumbac impregnat	95	2	—	—
Ebonită	80	50	0,005	10^{15}
Bandă impregnată	95	17	0,1	10^{14}
Sticlă, flint	—	6	—	10^{15}
Sticlă crown	—	6	0,018	10^{15}
Sticlă pyrex	—	9	0,003	—
Gutapercă	—	—	0,02	10^{15}
Marmoră	—	2	0,03	10^{10}
Mica	750	40	0,02	10^{16}
Micanita	125	15	—	10^{15}
Ulei de transformator	85	—	—	10^{12}
Hîrtie uscată	90	5	0,007	10^{10}
Hîrtie impregnată	90	15	0,03	—
Porțelan	1 000	15	0,008	10^{15}
Preșpan	95	7	—	10^9
Cuarț	1 050	13	0,002	10^{16}
Cauciuc pur	50	18	0,005	10^{15}
Cauciuc vulcanizat	70	10	0,01	10^{17}
Rășină	—	—	—	10^{15}
Șelac	75	11	—	10^{15}
Mătase	95	—	—	10^9
Silex	—	14	—	—
Pucioasă	100	—	0,0003	10^{15}
Parafină	35	12	0,0003	10^{17}

* Rezistivitate volumică este rezistența unui cub de material cu latura unitară (în acest caz 1 cm lungime și 1 cm^2 secțiune transversală).

Materiale conductoare

Materialul	Rezistivitatea volumică, $\mu\Omega \cdot cm$	Coeficientul de temperatură al rezistenței, $°C \times 10^{-4}$
Cupru standard recopt	1,72	39,3
Aluminiu	2,6	39,0
Duralumin	4,7	—
Cupru și aliaje:		
cupru	1,69—1,81	38,1—39,3
alamă	7,5 —9,0	16
bronz	3,6	16,5
bronz fosforos	6—12	10
cupru-cadmiu	1,8—2,1	40
Fier forjat (electric)	10,7	55
Oțel	12—20	42
Oțel armat	15—55	—
Aliaje rezistive:		
80 Ni, 20 Cr	109	1,0
59 Ni, 16 Cr, 25 Fe	110	2,0
37 Ni, 18 Cr, 2 Si, Fe	108	2,6
45 Ni, 54 Cu	49	0,4
80 Cu, 20 Ni	26	2,9
62 Cu, 15 Ni, 22 Zn	34,4	2,5
84 Cu, 12 Mn, 4 Ni	48	0
Carbon	4 600—5 080	0,2—5
Aur	2,36	30
Plumb	22,0	40
Mercur	95,5	7
Molibden	5,7	40
Nichel	13,6	50
Platina	11,7	39
Argint	1,58—1,75	40
Tantal	15,5	31
Tungsten	5,6	45
Zinc	6,2	40